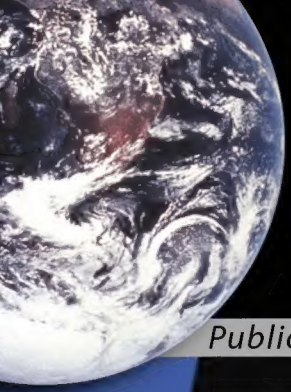


FOLHA
Criacionista

Publicação da Sociedade Criacionista Brasileira. Ano 18 – Nº 40 – 1º semestre/1989

EXPLORANDO O SISTEMA SOLAR

SATURNO, NETUNO E COMETAS

LUA, TRITÃO E NEREIDA

Sociedade Criacionista Brasileira

Nossa capa

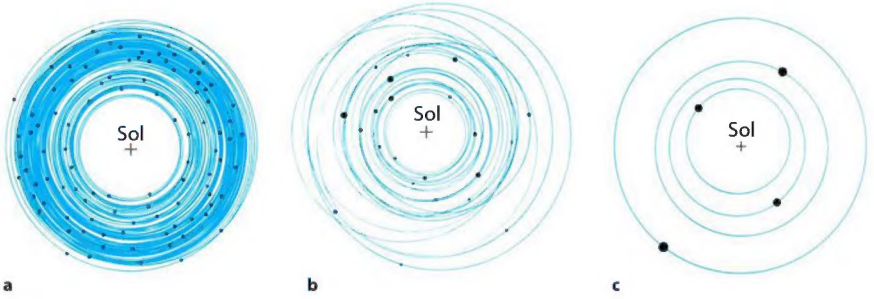
Na revista *Scientific American* de junho de 1981, George W. Wetherill, do Departamento de Magnetismo Terrestre da *Carnegie Institution*, de Washington, apresentou uma interessante síntese do conhecimento atual sobre a formação da Terra a partir dos planetesimais, com algumas ilustrações correspondentes aos resultados obtidos de modelos computacionais que têm sido utilizados para a descrição de uma das fases supostas para a evolução do Sistema Solar.

Em nossa capa, reproduzem-se três dessas ilustrações apresentadas no artigo de George W. Wetherill, cujas legendas são as seguintes:

Figura A – Simulação tridimensional da formação do Sistema Solar interior (de Mercúrio a Marte) iniciada com 100 planetesimais, cada um deles com massa igual a $1{,}2.10^{26}$ gramas, de tal modo que a sua massa total ($1{,}2.10^{28}$ gramas) equivale à dos planetas rochosos, de Mercúrio até Marte, juntamente com suas luas. Os parâmetros iniciais das órbitas foram gerados aleatoriamente. A ilustração mostra as elipses iniciais, mas não destaca o aspecto tridimensional do conjunto das elipses. Como se pensa que os planetesimais se formaram em uma fina camada de poeira no plano central da nuvem a partir da qual o Sistema Solar teria se condensado, as inclinações dos planos das elipses são menores do que 5 graus.

Figura B – Estágio intermediário da simulação mostrando o desenvolvimento do Sistema Solar interior após 30,2 milhões de anos, com 22 corpos remanescentes. Suas órbitas se tornaram mais distintamente elípticas e suas velocidades relativas maiores. E, ainda, seu intervalo de espaçamento cresceu. As inclinações das órbitas reduziram grandemente a incidência relativa das colisões. Dezenas de milhões de anos devem passar na simulação antes do processo chegar a termo. Na simulação bidimensional são suficientes somente 61.000 anos.

Figura C – Estado final da simulação levando a quatro planetas completamente formados, em órbita quase circular ao redor do Sol. Todos os planetesimais coalesceram. O maior planeta, o quarto mais distante do Sol, formou-se a partir dos 34 corpos originais. Embora a ilustração corresponda à simulação após 441 milhões de anos, o processo completa-se em muito menos tempo. Depois de 79 milhões de anos, há 11 corpos, e depois de 151 milhões de anos, seis, o que indica que a Terra teria sido "agregada" num intervalo de tempo da ordem de 100 milhões de anos.



Neste número da Folha Criacionista são apresentados vários artigos que têm a ver com as teorias da formação do Sistema Solar e as dificuldades enfrentadas para a descrição dos acontecimentos que, dentro de uma estrutura conceitual evolucionista, teriam ocorrido.

Não obstante o auxílio de poderosos computadores de última geração, a realidade é que ainda não há o consenso dos cientistas sobre pelo menos alguns dos pontos mais complexos envolvidos nos cenários e modelos desenvolvidos por várias escolas e pesquisadores individuais.

"No princípio criou Deus..."!

Nesta reedição do número 40 da Folha Criacionista, inserimos na nova capa a fotografia espetacular do planeta Saturno (visualizando os seus famosos anéis e alguns satélites), tirada pelo telescópio espacial Hubble.

Editorial

NOTA EDITORIAL ACRESCENTADA À REEDIÇÃO DESTE NÚMERO DA FOLHA CRIACIONISTA

A reedição deste número e dos demais números dos periódicos da Sociedade Criacionista Brasileira faz parte de um projeto que visa facilitar aos interessados o acesso à literatura referente à controvérsia entre o Criacionismo e o Evolucionismo.

Ao se terminar a série de reedições dos números dos periódicos da SCB e com a manutenção do acervo todo em forma informatizada, ficará fácil também o acesso a artigos versando sobre os mesmos assuntos específicos, dentro da estrutura do Compêndio "Ciência e Religião" que está sendo preparado pela SCB para publicação em futuro próximo.

Os Editores responsáveis da Folha Criacionista

Ruy Carlos de Camargo Vieira e Rui Corrêa Vieira

Brasília, Janeiro de 2017

É com satisfação que ainda no primeiro semestre de 1992 estamos podendo publicar o terceiro número da Folha Criacionista dos oito números cuja publicação se encontrava atrasada desde 1987.

Mais uma vez a Sociedade Criacionista Brasileira estende de público seus agradecimentos à Organização Santamarense de Educação e Cultura pelo inestimável apoio dado à publicação deste quadragésimo número da Folha Criacionista.

Continuando na tentativa de concentrar os artigos e notícias de cada número em torno da mesma temática, neste número está sendo considerado mais de perto o Sistema Solar. A ideia que se teve ao escolher os artigos e notícias foi destacar que a estrutura científica atual, baseada nas hipóteses evolucionistas, encontra um sem número de dificuldades para a explicação das peculiaridades do Sistema Solar. Por outro lado, grande número de evidências encontradas no próprio Sistema Solar torna mais consentânea a sua formação dentro de um esquema criacionista. É evidente que em ambas as estruturas conceituais permanecerão sempre perguntas sem resposta, em face da "insufiCiência" de nossos métodos de observação e medida. Não obstante, o Criacionismo é uma alternativa válida para a explicação do Universo que nos rodeia, que cada vez mais vai-se demonstrando capaz de melhor solucionar os enigmas e mistérios que desafiam a verdadeira Ciência.

Terra, Lua, cometas, nuvem de cometas, Saturno, seus anéis, Titã e os demais satélites, Netuno, Tritão e Nereida, etc., são abordados neste número, de uma forma ou outra, despertando nosso interesse para a diversificação maravilhosa dos corpos celestes mais próximos de nós, e para a singularidade de nosso planeta que, com suas peculiaridades, é o único no qual existe vida!

Cada vez mais se ressalta assim a atividade modeladora exercida por Deus em nosso planeta, tornando-o habitável, dentro de Seus inescrutáveis propósitos. Há mais de vinte e cinco séculos o profeta Isaías, penetrando no recôndito desse mistério esclareceu que esse era verdadeiramente o propósito do Criador:

"Porque assim diz o Senhor que criou os céus, o único Deus, que formou a Terra, que a fez e a estabeleceu; que não a fez para ser um caos, mas para ser habitada: Eu sou o Senhor e não há outro" (Isaías 45:18).

Os Editores

FOLHA CRIACIONISTA Nº 40

Primeira edição:	Impressa na StiloGrafic Artes Gráficas da OSEC - S. Paulo – SP.
	Março de 1989 - 500 exemplares
Editores Responsáveis:	Ruy Carlos de Camargo Vieira
	Rui Corrêa Vieira
Desenhos:	Francisco Batista de Mello
Segunda edição:	Edição eletrônica pela SCB
	1º semestre de 2017
Editores Responsáveis:	Ruy Carlos de Camargo Vieira
	Rui Corrêa Vieira

Endereço da Sociedade Criacionista Brasileira em 2017, ano da reedição deste número da Folha Criacionista:
Telefone: (61)3468-3892 Sites: www.criacionismo.org.br e
e-mail: scb@scb.org.br www.revistacriacionista.org.br

Sumário

05 - MODELOS DA ORIGEM – EXPLORANDO O SISTEMA SOLAR (II)
William D. Metz
Science, Novembro de 1974

13 - DE ONDE VEIO A LUA? – EXPLORANDO O SISTEMA SOLAR (III)
Allen L. Hammond
Science, Dezembro de 1974

16 - OS COMETAS E A CRIAÇÃO
Paul M. Steidl
Creation Research Society Quarterly, Março de 1987

Notícias

28 - A QUEDA DAS ESTRELAS

30 - JUNTANDO OS PEDAÇOS DA HISTÓRIA DA TERRA PRIMITIVA

31 - A CONTROVÉRSIA SOBRE A ACELERAÇÃO SECULAR DA LUA

34 - HÁ MUITO TEMPO, QUANDO A LUA ESTAVA MAIS PERTO

35 - O MISTÉRIO DOS ANEIS DE SATURNO

39 - O ENIGMA QUE É SATURNO

46 - VOYAGER II EM NETUNO

47 - OS ENIGMÁTICOS TRITÃO E NEREIDA

FOLHA Criacionista

Publicação periódica da Sociedade Criacionista Brasileira (SCB)
Telefone: (61)3468-3892
Sites: www.scb.org.br e www.revistacriacionista.org.br
E-mail: scb@scb.org.br
Edição Eletrônica da SCB

Editores:
Ruy Carlos de Camargo Vieira
Rui Corrêa Vieira

Projeto gráfico:
Eduardo Olszewski
Michelson Borges

Adaptação e atualização do projeto gráfico:
Renovacio Criação

Diagramação e tratamento de imagens:
Roosevelt S. de Castro

Ilustrações:
Victor Hugo Araujo de Castro

Os artigos publicados nesta revista não refletem necessariamente o pensamento oficial da Sociedade Criacionista Brasileira. A reprodução total ou parcial dos textos publicados na Folha Criacionista poderá ser feita apenas com a autorização expressa da Sociedade Criacionista Brasileira, que detém permissão de tradução das sociedades congêneres, e direitos autorais das matérias de autoria de seus editores.

Sociedade Criacionista Brasileira

Folha Criacionista / Sociedade Criacionista Brasileira
v. 18, n. 40 (Março, 1989) – Brasília
A Sociedade, 1972-.
Semestral
ISSN impresso 1518-3696
ISSN online 2525-393X
1. Gênese. 2. Origem. 3. Criação
EAN Nº 977-1518-36900-2

SISTEMA SOLAR

MODELOS DA ORIGEM

A revista "Science". publicada pela "American Association for the Advancement of Science" apresentou em sua seção de notícias sobre pesquisas do seu número de 29 de novembro de 1974 este segundo apanhado geral da série "Explorando o Sistema Solar" sobre o estado atual dos modelos propostos para a origem do Sistema Solar. Convém informar a nossos leitores que o primeiro apanhado dessa série não foi traduzido nem publicado pela SCB. Dado o tema geral escolhido para este número da Folha Criacionista, achamos oportuno transcrever o referido artigo, praticamente na íntegra, pois julgamos que ele será de grande utilidade para nossos leitores.

William D. Metz

Astrônomo, autor do artigo "Exploring the Solar System: Models of the origins" publicado na revista *Science*. Numerosos outros artigos de sua autoria sobre Astronomia estão listados na base de dados *SAO/NASA Astrophysics Data System* (ADS) indicada em http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-abs_connect?return_req=no_params&author=Hammond,%20Allen%20L.&db_key=AST

Especulações sobre a origem do Sistema Solar têm sido propostas, modificadas, sepultadas e ressuscitadas muitas vezes, ao longo dos últimos três séculos. A melhor sugestão parece ser a "hipótese nebular" de Laplace, que formulou a teoria da formação do Sistema Solar a partir da contração de uma nuvem interestelar. Contudo, as leis da Mecânica Celeste, da Hidrodinâmica, da Química moderna e da Termodinâmica exigem que muitos passos sejam dados antes que uma nuvem difusa possa formar um Sistema Solar discreto, com alguns planetas de grande densidade.

Não existem virtualmente dados quaisquer sobre cada um dos estágios intermediários da formação dos planetas, e poucas evidências indicam o tempo que poderia ter levado esse processo. Em seu primeiro estágio, o Sistema Solar seria presumivelmente semelhante à nebulosa de Órion, uma grande nuvem de gás e poeira situada na constelação de Órion. E a única fonte de dados sobre o provável último estágio, em virtude de nossa limitada capacidade de observação, é tão somente o nosso próprio Sistema Solar de 4,5 milhões de anos de idade. Não existem evidências diretas para os muitos passos intermediários e, portanto, o estudo de nossas origens é, na maior parte, um diálogo no qual os modelos exercem o costumeiro papel substituindo as mensurações.

Proliferam argumentos sobre a massa da nebulosa que formou o Sistema Solar, as forças que o modelaram, a pressão e a temperatura que o caracterizaram, e o papel que o Sol desempenhou em seu desenvolvimento. Parece não haver consenso sobre tais coisas, embora em várias áreas tenham-se verificado avanços significativos nos últimos anos. Os dois modelos mais populares parecem ser o da escola americana, que postula primeiro a formação dos planetas a partir de uma nebulosa solar de uma grande massa, e o da escola russa, que postula primeiro a formação do Sol a partir de uma nebulosa solar muito menor. O cenário seguinte incorpora a maior parte das ideias da escola americana, exprimindo uma das maneiras pelas quais poderia ter-se formado o Sistema Solar.

Uma grande nuvem interestelar, talvez com uma massa 1000 vezes maior do que a do Sol, começou a entrar em colapso há mais de 4,6 bilhões de anos. Não havia Sol nessa nuvem, nem qualquer outro objeto sequer com as dimensões de um meteorito, mas somente gás e poeira de granulação muito pequena. Talvez o colapso tenha se iniciado porque a nuvem tivesse se deslocado para a região de um dos braços espirais da galáxia; mas, uma vez iniciado, a nuvem deve ter-se fragmentado e continuado seu colapso muito rapidamente. Alguma parte da nuvem, provavelmente um glóbulo com massa aproximadamente igual a duas vezes a do Sol, continuou experimentando esse processo de

colapso até formar um espesso disco com dimensão algo maior que a órbita de Plutão. Chegado a este ponto, finalmente o disco se tornou suficientemente denso para começar a absorver suas próprias radiações infravermelhas e passou a aquecer-se enormemente. As temperaturas no seu centro certamente atingiram 2.200 °K, o suficiente para evaporar qualquer substância dos grãos de poeira, mas nas bordas das extremidades do disco provavelmente permaneceram baixas, em torno de algumas dezenas de graus. Após sua contração, todo o disco se pôs a girar até atingir uma elevada rotação.

À medida que a nebulosa em rotação se resfriava, vários minerais começaram a condensar-se da nuvem de gás, para formar grãos de matéria novamente. Suas composições foram determinadas pela temperatura da nuvem, que atingia cerca de 600 °K no raio correspondente à posição atual da Terra. Os grãos pequenos poderiam flutuar contrabalançados pela pressão do gás, porém os maiores, talvez com dimensões de um pedregulho deslocaram-se até atingir o plano médio do disco. Em muito pouco tempo, provavelmente só alguns poucos anos, formou-se dentro do disco mais espesso de gás um disco de sólidos, muito mais fino. Nos próximos milhares de anos os gases e os sólidos seguiram histórias bem diferentes, movendo-se em direções independentes entre si.

O fino disco de sólidos não permaneceu assim por muito tempo. Instabilidades de grande escala começaram a rompê-lo em vários fragmentos que se juntaram em grupamentos de minúsculos planetesimais, com diâmetro de talvez 1 quilômetro, em órbita em torno do centro da nebulosa. (Neste instante o Sol poderia ou não ter-se formado). Esses grupamentos combinaram-se para formar protoplanetas, menores do que a Lua atual, que exerceram substanciais forças gravitacionais entre si. Contudo, os elementos voláteis como o Hélio e o Hidrogênio, ainda permaneceram na forma gasosa. As perturbações gravitacionais causaram a colisão dos protoplanetas e a formação dos planetas telúricos, bem como dos núcleos rochosos que se tornariam Júpiter e Saturno posteriormente.

Nesta altura, os gases começaram a tomar parte. Além da órbita da Terra, eles foram atraídos pelos densos núcleos rochosos para formar os enormes planetas Júpiter (com massa 317 vezes maior do que a da Terra) e Saturno (massa 95 vezes maior que a da Terra). Ao mesmo tempo, os gases mais próximos do centro do sistema, ainda quentes e contendo grãos vaporizados, juntamente com os grãos voláteis, entraram em colapso para formar o Sol. Durante suas fases iniciais o Sol ejetou muita matéria, desta forma diminuindo sua rotação, e provavelmente expulsando grandes quantidades de gás e poeira que não haviam sido atraídas para a formação dos planetas. Possivelmente algum desse material expulso ainda esteja em órbita no Sistema Solar, localizado na nuvem de cometas que se julga estender até cerca de um quarto da distância até as estrelas mais próximas.

Talvez o aspecto mais controvertido do cenário precedente seja o papel desempenhado pelo Sol. A maioria das pessoas que tratam das ideias a respeito da nebulosa solar supõe que o Sol existisse antes dos planetas. Nenhum proponente de modelo de origem do Sistema Solar descreve o Sol e os planetas dentro da mesma estrutura comum, muito embora tivessem procedido do colapso da mesma nebulosa.

Esta omissão torna muito mais simples para alguns pesquisadores o estabelecimento de teorias para a descrição do desenvolvimento dos planetas, e para outros a invocação de ocorrências peculiares e potentes, tais como explosões ou tempestades solares cataclísmicas, sempre que necessário. Na realidade, não existe acordo sobre a maioria dos aspectos dos estudos sobre a nebulosa solar.

A escola russa baseia-se grandemente no trabalho de V.S. Safronov realizado no Instituto de Geofísica O.Y. Shmidt, de Moscou, e descreve a formação dos planetas a partir de um disco nebular em rotação em torno de um Sol pré-existente. Modelos desenvolvidos por E. Schatzman no Observatório de Meudon, na França, contêm hipóteses semelhantes. O modelo mais incomum para a origem do Sistema Solar foi proposto por Gustav Arrhenius e Hannes Alfven, da Universidade da Califórnia em San Diego, e sugere que a nebulosa solar nunca foi muito grande, mas que era constantemente renovada com matéria interestelar varrida pelo campo magnético solar. Este modelo é o único

que apresenta um ponto de vista não-Laplaciano para a origem do Sistema Solar (com fontes distintas de matéria para o Sol e os planetas) e não é geralmente aceito porque a taxa de captura de matéria mediante esse processo é ordens de grandeza muito baixa.

A massa da nebulosa solar é uma questão quase tão controvertida como a morfologia das modalidades de seu colapso. Safranov e Schatzman postulam que a nebulosa continha exatamente a matéria necessária para a formação dos planetas, após a condensação dos gases que aparentemente se perderam. O Sol consiste na maior parte de gases voláteis, como Hidrogênio e Hélio, enquanto que Júpiter e Saturno na maior parte consistem de matéria condensável rara no Sol, como óxidos e silicatos de Ferro e Magnésio. Assim, a matéria dos planetas telúricos – e talvez de Urano e Netuno – deve ter estado associada com consideráveis quantidades de matéria volátil que se perdeu. Tal raciocínio indutivo dá para a nebulosa que produziu o Sol e os planetas uma massa mínima equivalente a 1,01 a 1,05 massas solares. A massa atual dos planetas é cerca de 0,1% da massa solar.

A escola americana, particularmente no trabalho de A. G. W. Cameron, da Universidade Harvard, argumenta que a nebulosa que formou o Sol e os planetas deve ter contido pelo menos 2,0 massas solares. Cameron estima que a nuvem interestelar típica apresenta uma grande quantidade de movimento angular de origem turbulenta, que impediria de entrar em colapso imediatamente um fragmento somente com 1,05 da massa solar, para a formação de um sistema com uma estrela central. Por outro lado, o Sol tem muito menos quantidade de movimento angular (por unidade de massa) do que a nuvem típica. Cameron é capaz de explicar a quantidade de movimento do Sol perdida, na sua nebulosa de 2 massas solares. A essência de sua ideia é que metade dessa massa formou o Sol, enquanto o resto que permaneceu no disco recebeu a maior parte da quantidade de movimento do Sol primitivo e então – exceto quanto à porção relativamente pequena da matéria necessária para os planetas – foi carregada por um intenso vento solar semelhante ao que ocorre nas estrelas T do Touro. Sabe-se que estas estrelas jovens ejetam grandes quantidades de sua massa nos ventos estelares. Entretanto, não há nenhuma evidência de que o Sol jamais tenha passado pelo estágio da estrela T do Touro.

Modelos de Grande Massa ou de Massa Mínima

O modelo de nebulosa solar de grande massa, proposto por Cameron e M. R. Pine, consiste de uma detalhada elaboração quantitativa na qual a nebulosa é considerada como uma esfera em rotação que se achata para formar um disco e atinge um equilíbrio de forças tanto na direção radial como na axial. A parte difícil do problema é conseguir esse equilíbrio de forças, e este modelo numérico constitui provavelmente a mais ambiciosa tentativa de simular a origem do Sistema Solar. Uma vez estabelecido o modelo, ele pode ser usado para se conseguirem outras importantes propriedades da nebulosa pré-solar, como temperatura e densidade.

Os críticos deste modelo sugerem que, mesmo que as forças se equilibrassem, o modelo poderia não ser estável. Uma nuvem densa não precisaria entrar em colapso diretamente para formar um disco, de acordo com Richard Larson, da Universidade de Yale, que foi um dos primeiros astrônomos a efetuar a modelagem do colapso de nuvens para a formação de estrelas. Com base em simulações, Larson concluiu que, ao invés de formar um Sistema Solar, uma nuvem como a estudada por Cameron e Pine que entrasse em colapso, fragmentar-se-ia em um sistema de estrelas binárias ou múltiplas. Jeremiah Ostriker, da Universidade de Princeton, descobriu que um disco em rotação, tão achatado como o dos modelos de Cameron, sofreria deformações catastróficas e se dividiria em dois ou mais fragmentos separados. Ambos os estudos sugerem que um disco de grande massa provavelmente não teria se formado e, se fosse formado, provavelmente não permaneceria com o formato de disco por muito tempo.

Larson pensa que é mais provável que o disco a partir do qual se formaram os planetas por agregação, tivesse sido formado somente depois que o Sol tivesse adquirido a maior parte de sua massa atual. É opinião geral que a existência de um embrião de massa solar no centro do disco

ajudaria a estabilizá-lo. O ponto de vista de Larson parece ser de que a formação de estrelas múltiplas é comum no colapso de uma nuvem, e que nem toda a matéria será capaz de se precipitar diretamente sobre os embriões solares. Alguma matéria inevitavelmente ficará para trás e se abrigará nos discos circum-estelares. Este argumento traz uma justificativa significativa a favor do ponto inicial da escola russa, mas as discussões de Larson sobre o que subsequentemente deveria acontecer ao disco cicum-estelar, são muito limitadas.

Safronov e outros, da escola russa, diferem da escola americana não somente a respeito da massa e da forma do primitivo Sistema Solar, mas também sobre o tempo necessário para a formação dos planetas. Os russos pensam terem sido necessários 100 milhões de anos para formar os planetas a partir do gás e da poeira em rotação, enquanto os americanos estimam terem sido suficientes alguns poucos milênios. Com o Sol aumentado de tamanho para estabilizar a sua nebulosa, os russos podem permitir-se um longo intervalo de tempo e, pelo contrário, os processos convectivos esperados por Cameron e seu colaboradores, após 100 anos interromperiam o fluxo de gás e poeira no seu modelo de nebulosa. A única evidência observacional estabelece o limite de 10^8 anos, ou menos, para a formação da Terra e da matéria lunar e meteorítica.

As duas escolas diferem também na sua abordagem do problema. Os trabalhos dos russos, iniciados com O. Y. Schmidt há mais de 20 anos, enfatizam os aspectos dinâmicos da evolução do Sistema Solar. Pouca atenção é dada aos aspectos químicos, e o problema da agregação dos sólidos a partir da poeira, para formar os planetas, é tratado como um processo contínuo, com um conjunto poderoso de técnicas. A abordagem americana, por outro lado, tem enfatizado a química do problema, enquanto que o tratamento da agregação de matéria tem sido mais descontínuo, com estágios discretos e hierarquia de planetesimais.

A Sequência da Condensação

Inicia-se agora um considerável corpo de pensamento sobre a origem do Sistema Solar, com a hipótese de que a nebulosa solar tenha passado por um estágio de alta temperatura antes que tivesse ocorrido a coalescência dos planetas. Grãos de compostos de Ferro e silicatos, que se acredita serem típicos de uma nuvem estelar, evaporar-se-iam parcialmente à medida que a nebulosa solar se contraísse e aquecesse, e então novamente condensar-se-iam com o seu resfriamento. Porém, a composição dos grãos em condensação em diferentes distâncias a partir do centro da nebulosa, seria controlada pela temperatura local, fazendo com que a distribuição de minerais ao longo de todo o Sistema Solar fosse susceptível de uma modelagem química bastante rigorosa.

Mas a hipótese de que os grãos de matéria se vaporizem na primitiva nebulosa solar nem sempre foi bem aceita. A temperatura típica de uma nuvem interestelar é de somente 50 °K, e o ponto de vista prevalecente durante muitos anos foi que os grãos na nebulosa solar aderissem uns aos outros devido a forças pouco definidas, mediante um processo que foi chamado de "soldagem a frio". As grandes diferenças existentes na composição dos planetas eram atribuídas a diferenças existentes nas "forças de colagem" que atuariam nos diferentes raios da nebulosa solar. Harold Urey foi o primeiro que tentou explicar as diferentes composições planetárias em 1950, por uma sequência de condensação, mas a abundância de Ferro na nebulosa solar então aceita era oito vezes mais baixa, de tal forma que esta sua tentativa falhou. A ideia básica não se alterou desde então, mas a qualidade dos dados termodinâmicos e a potência das facilidades de computação melhoraram enormemente.

A hipótese básica dos cálculos baseados na sequência de condensação é que a composição bruta dos condensados na nebulosa é determinada por reações de equilíbrio entre os condensados e os gases. Descobrir as temperaturas de equilíbrio para vários condensados, incluindo ligas, em um ambiente que pode incluir 400 compostos vaporizados, não constitui uma tarefa de cálculo simples, mas foi efetuada para uma nebulosa contendo os 15 elementos mais abundantes no Sistema Solar primitivo (conforme determinação feita a partir de meteoritos condríticos carbonáceos). Com o propósito de predizer as densidades globais dos planetas, não são importantes os traços de outros elementos, porque eles correspondem tão somente a

0,004% da massa do Sistema Solar. O resultado desses complexos cálculos é um conjunto de curvas de condensação em função da temperatura e da pressão, para todos os vários compostos que se formariam. A razão pela qual se pode falar de uma única sequência de condensação, das temperaturas altas para as baixas, é que os cálculos mostram que para a maior parte das substâncias a condensação é praticamente independente da pressão.

O resultado mais importante dos cálculos da sequência de condensação é que as densidades dos planetas podem ser explicadas muito bem mediante uma ideia única com um gradiente de temperatura contínuo. Não é necessário nenhum processo físico de fracionamento – como as forças preferenciais de colagem – para separar os metais dos silicatos e nenhuma hipótese de que alguns planetas tivessem acumulado componentes não voláteis incompletamente. Há uma suposição implícita de que cada planeta é composto principalmente de matéria condensada em um intervalo de temperaturas bastante pequeno – talvez 199 ou 200 °K para os planetas terrestres. Alguns estudos teóricos preocupam-se com o fato de este intervalo ser bastante pequeno, e os pesquisadores indagam por que não teria havido uma mistura de partículas de alta e baixa temperaturas durante a acumulação dos planetas e satélites...

Acumulação de pequenos grãos em grandes planetas

Os dados químicos que ligam a sequência de condensação para os planetas ao perfil de temperaturas na nebulosa solar provavelmente representam o mais destacado avanço isolado dos últimos anos. (Deverá ainda ser obtido um quadro consistente da química dos meteoritos). Mas também foram feitos avanços na solução de problemas físicos existentes na evolução da nebulosa solar, como os mecanismos de agregação das partículas.

Até muito recentemente muitos observadores pensavam que não havia uma proposta adequada para um mecanismo pelo qual as partículas condensadas pudessem agregar-se formando corpos maiores. Objetos da dimensão de alguns centímetros não exercem efeito gravitacional apreciável entre si, e os cientistas pareciam estar engasgados na procura de uma maneira razoável para juntar aqueles pedregulhos de matéria condensada rapidamente (da mesma forma como ficaram com a soldagem a frio antes dos resultados dos cálculos da sequência de condensação). Pode não ser irrazoável supor que esses pedregulhos ao colidirem aderissem para formar blocos maiores, e esses por sua vez tivessem maior probabilidade para engolfar mais material. Mas se esses pedregulhos estivessem espalhados por toda a nebulosa gasosa, suas densidades seriam tão pequenas que as colisões seriam extremamente raras. Com as densidades nebulares esperadas nas regiões de Júpiter e Saturno, a formação de planetas levaria mais do que 10^8 anos. A agregação de pedregulhos para a formação de planetas exige muito menos tempo no modelo de Cameron porque ele postula que o efeito do atrito com o gás reduz a velocidade dos objetos e os faz moverem-se numa espiral centrípeta. O movimento diferencial induzido pelo atrito com o gás ajudará as partículas maiores a engolfar as menores. Entretanto, no modelo de Cameron não fica claro o que provoca o início do processo de acumulação, e o que faz os pedregulhos juntarem-se após as colisões.

Um modelo que tem atraído a atenção para explicar o início da acumulação da matéria foi proposto no ano passado por Peter Goldreich, do Instituto de Tecnologia da Califórnia, e William Ward, da Universidade de Harvard. Embora duas partículas de condensado, do tamanho de um pedregulho, não apresentem atração gravitacional apreciável entre si, grandes distribuições destas partículas podem realmente exercer forças gravitacionais coletivas, e algumas distribuições não apresentam estabilidade com relação ao colapso. Anteriormente, os cientistas achavam que a matéria particulada espalhada através de toda a nebulosa planetária, que teria o formato de um disco bastante espesso, fosse estável com relação ao colapso. Porém, Goldreich e Ward descobriram que um disco fino de partículas forma-se no plano central e muito rapidamente se fragmenta. As instabilidades gravitacionais de um disco fino explicam o crescimento dos objetos de até muitos quilômetros de diâmetro, e porque não são necessárias forças de atração para fazer a adesão dos grãos uns aos outros, o processo é totalmente democrático... Grãos de Ferro, silicatos de Mag-

nésio e gelo de água e amônia – independentemente de como se tenham condensado do gás em certa região – agregar-se-ão, desde que estejam disponíveis. Assim, o processo de Goldreich e Ward convive muito bem com a ideia de que a composição sólida da nebulosa primitiva é determinada pela sequência de condensação química: quaisquer que sejam as proporções de matéria que se condense a um dado raio, serão elas coletadas nas mesmas proporções para a formação de corpos sólidos maiores.

Depois que as partículas condensadas acumulem-se em um fino disco em rotação, as forças gravitacionais rapidamente sobrepujarão as forças rotacionais em pequenas regiões com cerca de 100 quilômetros de diâmetro. As partículas dentro dessa região colidirão e perderão energia à medida que a região entra em colapso, e não haverá nada para impedi-la de contrair-se cada vez mais até atingir a densidade de um sólido, um bloco de cerca de 0,1 quilômetro de diâmetro e 10^{14} gramas de massa. Este processo poderá ocorrer dentro de 1 ano, e o disco resultante ainda será gravitacionalmente instável. Agregados de planetesimais de primeira geração, contendo cerca de 10^4 membros, continuarão a contrair-se lentamente, ajudados pelo atrito com o gás, e após alguns milhares de anos terão formado uma segunda geração de planetesimais com cerca de 5 quilômetros de diâmetro. Se os agregados de planetesimais de primeira geração em rotação interpenetrarem-se, ao invés de permanecerem equidistantes entre si, os objetos da segunda geração poderiam ter dimensões da ordem de 10% da massa lunar (10^{25} gramas). Este número é particularmente interessante, porque existem algumas evidências de que certos tipos de meteoritos provieram de corpos diferenciados, com um décimo da massa da Lua, e Urey sugeriu, há muitos anos, que semelhantes "objetos com dimensões lunares" seriam os blocos construtivos básicos dos planetas.

O obscuro último estágio da formação dos planetas

O processo de Goldreich e Ward não resolve totalmente o problema da formação dos planetas e luas, mas realmente produz objetos suficientemente grandes para serem gravitacionalmente ativos e os produz rapidamente. Após completar-se esse estágio, presumivelmente a matéria condensada na nebulosa é coletada por alguns poucos corpos, de tal forma que não mais se desenvolveriam instabilidades gravitacionais em grande escala. Coalescência posterior poderia resultar de perturbações gravitacionais entre esses corpos, que os espalhariam em órbitas que se entrecruzariam aumentando assim a probabilidade de impactos. Goldreich e Ward não consideram o estágio final de agregação, mas seu modelo parece ser capaz de acumular planetesimais rapidamente, o suficientemente rápido para evitar a expulsão de pequenos grãos por um vento solar.

A ideia de que uma instabilidade gravitacional poderia dar início ao processo de agregação foi também desenvolvida na escola russa, inicialmente por Gurevich e Lebendinskii em 1950. A opinião de Safranov em seu livro "Evolução da nuvem protoplanetária e a formação da Terra e dos planetas" (1972) parece ser de que as colisões mútuas causarão a coagulação dos agrupamentos. Uma das contribuições de maior alcance de Safranov é a de ter desenvolvido fórmulas para as distribuições de massas e velocidades dos objetos. Devido à distribuição de massas que ele constrói como resultado de colisões, ele espera que o corpo maior capturará a maior parte da massa devido a seu campo gravitacional e se tornará um embrião de planeta. Safranov, como Goldreich e Ward, de fato supõe a preexistência de uma estrela central que depois se torna o Sol.

Quando se aplica o processo de Goldreich e Ward a uma nebulosa de grande massa sem uma estrela central, o resultado parece ser um Sistema Solar superpovoado. Como se poderia esperar, objetos com dimensões muito maiores do que alguns quilômetros seriam produzidos tanto no primeiro como no segundo estágio da agregação. Ward achou que, na distância em que se encontra Saturno, os objetos da primeira geração teriam 100 quilômetros de diâmetro, e os planetesimais da segunda geração teriam massa da ordem de 1 massa da Terra, mesmo sem a interpenetração dos agrupamentos. Dezenas de milhares destes objetos se formariam na parte exterior do Sistema Solar, e os defensores da nebulosa solar de grande massa ficariam com o problema quase intransponível de terem de se livrar deles. (Não

se pode jogar com a Terra para longe, nem mesmo com o vento solar primordial). Como a quantidade total de material sólido no modelo de nebulosa solar de grande massa é quase 100 vezes a que está contida nos planetas, um processo de instabilidade que rapidamente acumule toda a matéria sólida em planetesimais parece constituir um risco. Entretanto, se o grosso do material sólido nunca se deslocar para o plano médio, poderia ele ainda concebivelmente ser varrido ou eliminado de alguma outra forma. É claro, contudo, que os modelos da nebulosa solar de grande massa necessitam de um processo bastante ágil para consumir meramente 1% de matéria disponível para a formação de planetas, sem perturbar o resto.

Júpiter e Saturno obviamente exigem explicações distintas das dos planetas interiores. Alguns dos planetas gasosos exteriores poderiam ter sido formados quando protoplanetas de rocha e gelo se tornassem tão grandes que os gases da nebulosa solar entrassem em colapso ao seu redor. A existência de um núcleo rochoso não pode ser provada para Júpiter e Saturno, porém as evidências indiretas sugerem que eles não são compostos inteiramente de gás – como muitos cientistas supuseram de há muito. Júpiter é um pouco pesado demais para ser constituído de Hidrogênio e Hélio na mesma proporção em que eles ocorrem no Sol, e alguns pensam que os movimentos gravitacionais de Saturno seriam difíceis de serem explicados sem a existência de um núcleo sólido. Cameron e M. Podolak estimam que Júpiter tenha um núcleo com cerca de 50 a 60 vezes a massa da Terra, e que Saturno tenha um núcleo com cerca de 30 massas terrestres. De acordo com outro trabalho de Cameron e F. Perry, os núcleos inferidos para Júpiter e Saturno ultrapassam a massa crítica necessária para o colapso de um envoltório gasoso e a formação de um corpo planetário – várias dezenas de massas terrestres. Parece essencial alguma espécie de colapso gasoso para explicar Júpiter e Saturno, e parte da nuvem de gás poderia ter entrado em órbita e contribuído para a formação de seus satélites.

Embora alguns dos passos para a formação do Sistema Solar pareçam hoje mais firmemente elucidados, o primeiro e o último passos, entretanto, estão ainda mais vagos do que nunca.

Argumentos simples primeiramente propostos por Sir James Jeans mostram que nem mesmo a nebulosa solar de grande massa representa um bloco de material interestelar suficientemente grande para entrar em colapso por si mesmo. São necessárias 1.000 massas solares, pelo menos. Até que o processo de fragmentação e colapso da nebulosa interestelar seja melhor compreendido, parece que as estimativas do tamanho do primitivo Sistema Solar continuarão a vacilar em torno de fatores de 100 ou mais. Por outro lado, o problema do tratamento de muitos planetesimais em órbita e colidindo aleatoriamente no estágio final da formação dos planetas, permanece quase que completamente sem solução. Dentro desse mesmo problema cabem os desafios da explicação das origens de várias espécies de meteoritos, a distribuição de resíduos que a enorme formação de crateras causou, verificada em todos os planetas interiores, a razão pela qual o cinturão de asteroides nunca sofreu o processo de agregação (ou se sofreu, mais tarde foi destruído), e o quase incrível fato de que todos os planetesimais (com exceção dos asteroides) de alguma forma foram levados a coalescer em uns poucos 40 objetos.

Os estudos sobre o Sistema Solar parecem estar no ponto que, pela primeira vez, o conhecimento das composições de vários objetos, particularmente meteoritos, pode ser usado para estabelecer restrições (condições de contorno) para o movimento da matéria. Por outro lado, modelos de transporte de massa e agregação podem logo se tornar suficientemente firmes para estabelecer restrições (condições de contorno) para a química. A julgar pela diversidade de hipóteses, modelos e predisposições existentes entre aqueles intrépidos cientistas que se aventuram a tentar descobrir o curso da evolução da nebulosa que presumivelmente nos antecedeu a todos, o que se necessita é exatamente de mais restrição!

Realmente é digna de encômios a sinceridade do articulista ao afirmar, logo de início, que nos últimos três séculos têm sido propostas especulações sobre a origem do Sistema Solar, que em seguida foram sepultadas para novamente serem ressuscitadas. Na realidade, isso se deve ao fato de que nestes três últimos sécu-

los os fundamentos filosóficos da Ciência também oscilaram como um pêndulo. De fato, vindo de uma prévia estrutura conceitual criacionista, passou-se para o outro extremo, em que se posiciona a estrutura conceitual evolucionista uniformista, que a partir de meados do século passado assumiu o "status" de teoria oficial em todas as áreas do conhecimento. Hoje em dia, porém, a hegemonia dessa estrutura começa a ser ameaçada, em virtude de notáveis progressos verificados nas várias áreas do saber, que aos poucos têm levantado sérios questionamentos sobre a validade desse posicionamento. Como consequência, tem-se a volta de conceitos gerais que anteriormente haviam sido deixados de lado, configurando assim o ciclo de proposições, sepultamentos e ressurreições apontado pelo autor.

Progressos e questionamentos quanto à origem do Sistema Solar são bem explicitados neste artigo, não necessitando ser realçados novamente. A cada progresso surgem argumentações variadas normalmente indicando total ausência de consenso sobre as teorias que vão sendo propostas seguindo escolas, modelos, corpos de pensamento, hipóteses e suposições as mais variadas. Apesar de tudo, conforme o próprio articulista honestamente reconhece, permanecem "passos ainda mais vagos do que nunca", "completamente sem solução".

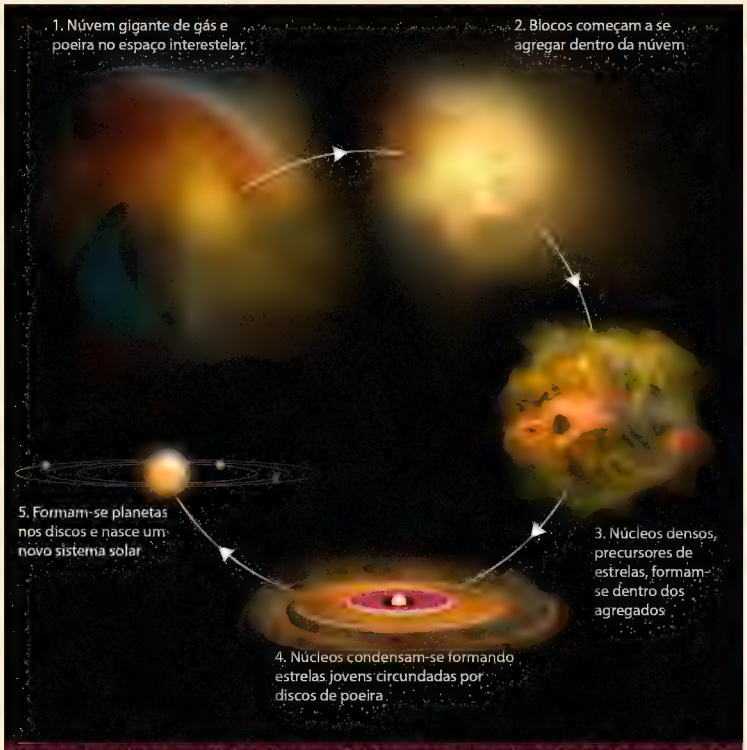
Sem dúvida, o entrechoque de ideias contribui para o avanço da verdadeira Ciência, e seria de se esperar que houvesse sempre divergências nas tentativas de explicação do Universo no qual estamos inseridos. Mas, como diz o autor, a diversidade de hipóteses, modelos, e até mesmo predisposições pessoais, já está a merecer alguma restrição!

E por que não tentar o modelo criacionista?!

FORMAÇÃO DE UM SISTEMA SOLAR

(Esta ilustração foi acrescentada na reedição deste número da Folha Criacionista)

As Figuras abaixo ilustram um modelo de formação de Sistema Solar partindo de uma núvem gigante de gás e passando por diversas etapas, em conformidade com considerações feitas no artigo "Modelos da Origem - Explorando o Sistema Solar (II)"



Dentre os vários modelos desenvolvidos para a explicação da formação do Sistema Solar, em conformidade com a estrutura conceitual evolucionista, este modelo da "agregação" é um dos mais comumente aceitos pelos cosmogonistas evolucionistas.

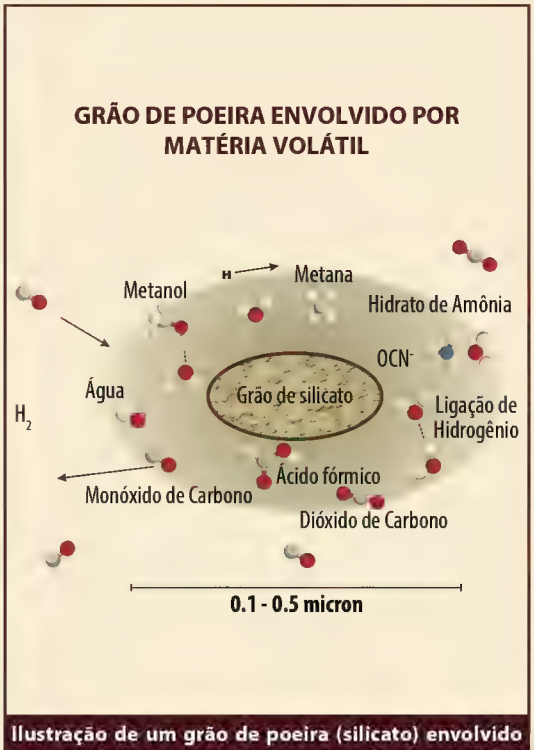
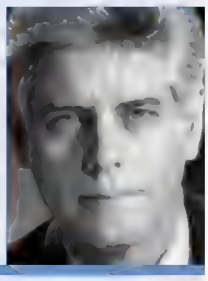


Ilustração de um grão de poeira (silicato) envolvido por partículas gasosas representando as condições supostas existentes nas etapas iniciais do processo de agregação da núvem no espaço interestelar mostrada na figura ao lado.

SISTEMA SOLAR

DE ONDE VEIO A LUA?

A revista "Science" publicada pela "American Association for the Advancement of Science" apresentou em sua seção de notícias sobre pesquisas do seu número de 6 de dezembro de 1974 este terceiro apanhado geral da série "Explorando o Sistema Solar" sobre o estado atual dos modelos propostos para a origem do Sistema Solar, com destaque para a formação da Lua. São transcritos a seguir os trechos do referido artigo julgados mais interessantes para nossos leitores formarem uma ideia geral de como andam as elucubrações a respeito da formação da Lua, sob o prisma evolucionista.



Allen L. Hammond

Astrônomo, autor do artigo "Exploring the Solar System: Whence the Moon?" publicado na revista *Science*. Numerosos outros artigos de sua autoria sobre Astronomia estão listados na base de dados SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS) indicada em http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-abs_connect?return_req=no_params&author=Hammond,%20Allen%20L.&db_key=AST

Perdendo ou não algo de sua mística popular desde que as primeiras pegadas humanas foram impressas em sua superfície, a Lua teve aumentada sua fama, junto aos cientistas que estudam a formação dos planetas, de constituir um objeto enigmático, exatamente em resultado das explorações efetuadas pela "Missão Apolo". Como um eminente geofísico destacou, "Por que o objeto com a mais misteriosa origem existente no Sistema Solar é o que predomina no céu noturno?"

O debate sobre a origem da Lua continua aceso, com os participantes formulando, de uma ou de outra forma, as hipóteses de que ela tenha se separado da Terra, tenha sido capturada pela Terra, ou que tenha sido formada juntamente com a Terra mediante a agregação de corpos menores. Até agora não se pode dizer que um desses mecanismos ou alguma combinação deles, deva ser excluído, embora nenhum deles deixe de suscitar sérias objeções. Hoje, porém, as restrições ou condições de contorno que devem pesar sobre a formulação de uma teoria da origem da Lua são um pouco mais claras do que anteriormente à missão Apolo, e existe uma ênfase maior à hipótese da agregação, nos trabalhos mais recentes. O resultado é a focalização das atenções novamente sobre os detalhes do processo de agregação e sobre a origem comum dos planetas e seus satélites. De fato, ao invés de indagar por que só a Terra, entre todos os planetas inferiores, deveria ter uma Lua tão grande, muitos investigadores inverteram a questão e agora estão perguntando por que Mercúrio, Vênus, e especialmente Marte, também não têm satélites.

Concorda-se amplamente hoje que a Lua é quimicamente bastante diferente da Terra. Essas diferenças constituem imediatamente a grande pedra de tropeço para as teorias da agregação (que implicam a Lua ter sido formada no mesmo local e pelo mesmo processo que deu origem à Terra), bem como a principal motivação para a busca de hipóteses alternativas. Comparada com a Terra, a Lua é mais rica de elementos refratários como Alumínio e Urânio, que condensam a altas temperaturas, contém pouco Ferro e Níquel (o núcleo metálico da Lua, se existir, é extremamente pequeno); e é grandemente destituído de elementos voláteis como Enxofre e Chumbo.

Restringindo a elaboração de modelos de origem da Lua, existem também várias informações sobre a sua história geoquímica, inferidas dos estudos da missão Apolo. Pensa-se que todo o seu corpo fosse coberto com uma camada de rocha fundida com pelo menos 100 quilômetros de espessura, na qual se tenha formado sua crosta original. Esta crosta aparentemente formou-se cedo na história lunar, não mais recentemente do que há 4,3 a 4,6 milhões de anos. E devido ao tempo de resfriamento neces-

sário, a própria camada de rocha fundida deveria ter sido formada nos primeiros 100 a 200 milhões de anos após a origem do Sistema Solar. Pensa-se que a agregação de matéria para a formação da Lua tenha-se encerrado efetivamente na época em que a crosta original tivesse se resfriado, apesar do contínuo bombardeamento sofrido ainda no decorrer de várias centenas de milhões de anos, com corpos meteoríticos.

Restrições geofísicas também podem ser inferidas a partir dos parâmetros orbitais da Lua, e da quantidade de movimento angular do sistema Terra – Lua. Uma circunstância embaraçosa é que a Lua parece estar se desacelerando e afastando-se da Terra, numa proporção que, se extrapolarmos para o passado, implicaria a ocorrência da separação dos dois corpos há menos de 1 bilhão de anos, muito tempo após a suposta formação das rochas mais jovens encontradas na Lua.

Uma explicação proposta para isso é que a dissipação pelas marés, que responde pela desaceleração, foi menor nos tempos iniciais, quando a configuração dos continentes e os climas eram diferentes. ...A rápida desaceleração da Lua parece assim, contradizer as evidências geoquímicas a favor de uma origem mais antiga, e ainda não está completamente explicada.

Os vários modelos da origem lunar sofrem todos da dificuldade de que as explicações óbvias para as diferenças de composição química entre a Terra e a Lua são dinamicamente improváveis, ao mesmo tempo que os mecanismos mais dinamicamente aceitáveis parecem oferecer pouca possibilidade para a variabilidade química. Os modelos de fracionamento e captura, em particular, parecem ser os favoritos entre os pesquisadores que estão mais preocupados com a explicação das evidências químicas.

Outros são propensos a propor que a Lua foi agregada em órbita em torno da Terra (modelos de agregação binária) com base em considerações dinâmicas que não são capazes de explicar exatamente como surgiram as diferenças químicas.

A possibilidade de que a Lua tenha feito parte da Terra, e tenha sido expelida devido a instabilidade rotacional, foi proposta primeiramente por Darwin. Uma versão moderna dessa hipótese da fissão, devida a D. U. Wise, da Universidade de Massachusetts, propõe que, quando a Terra se formou, ela era um corpo homogêneo em rotação bastante rápida, mas dentro dos limites da instabilidade (com cerca de duas vezes a quantidade de movimento angular do atual sistema Terra-Lua, ou um período de rotação de cerca de 2,6 horas). Em seguida, a Terra diferenciou-se com a formação de um núcleo denso e um manto mais leve, reduzindo seu momento de inércia e aumentando sua rotação até provocar a expulsão de material para formar a Lua. Como este material teria sido proveniente do manto terrestre, desprovido de metais, isso poderia explicar a ausência de um grande núcleo metálico na Lua. Outros pesquisadores concluíram que os tipos conhecidos de rochas lunares poderiam ter-se formado a partir de material proveniente do manto terrestre.

... As principais objeções contra os modelos de fissão parecem ser de ordem dinâmica. Em particular, em primeiro lugar, a hipótese de uma Terra primitiva, com tal rotação tão rápida para que pudesse provocar a separação de uma porção sua, é criticada por muitos cientistas que estudam os planetas. (Nenhum dos outros planetas gira com rotação próxima à instabilidade rotacional, atualmente). Além do mais, deve ser postulado algum mecanismo para a dissipação desse excesso de quantidade de movimento angular, em seguida, para trazer o sistema Terra-Lua ao seu estado atual. Permanece também inexplicável por essa hipótese a inclinação do plano da órbita da Lua com relação ao eixo terrestre, circunstância essa inconsistente com uma origem centrífuga.

O reconhecimento da existência de diferenças de composição química entre a Terra e a Lua despertou novo interesse por modelos que propõem origens dessemelhantes para os dois corpos, com a Terra capturando subsequentemente a Lua e tornando-a seu satélite. Implícita fica a ideia de que houve alguma espécie de zoneamento químico na nebulosa solar, com diferenças de composição entre corpos formados a distâncias diferentes do Sol. Entretanto, não há acordo quanto a onde deveria ter-se formado um objeto com a composição da Lua.

A captura de um satélite, tal como se apresenta, é algo difí-

cil. A maioria dos pesquisadores hoje concorda que objetos passando nas proximidades da Terra com velocidades relativamente altas (por exemplo os que em órbitas excêntricas chegam até as órbitas de Marte ou de Mercúrio) seriam desviados para novas órbitas heliocêntricas, e não capturados. Somente objetos que se aproximassem com velocidades relativamente baixas – os que se originassem em um espaço toroidal próximo à órbita da Terra – poderiam ser capturados. Esta restrição pareceria excluir a possibilidade de que a Lua se formasse em alguma parte distante do Sistema Solar (internamente à órbita de Mercúrio, de acordo com uma proposta), impedindo, portanto, a explicação da composição da Lua com essa fundamentação.

... A despeito de várias restrições, têm sido propostos numerosos modelos de captura. ... Em seu conjunto, os modelos de captura parecem oferecer uma explicação mais convincente para a Lua, do que os modelos de fissão, em conformidade com muitos cientistas que se dedicam ao estudo dos planetas, apesar de haver considerável desacordo entre eles quanto a qualquer um dos modelos em particular. Um dos principais pontos de desacordo diz respeito aos detalhes do processo de agregação que formou a Lua, seja em órbita terrestre, seja em qualquer outro local – em particular o tamanho, o tempo de formação e a composição dos corpos planetários secundários formados na região do espaço próxima àquela onde os próprios planetas estivessem se formando. O debate sobre os processos de agregação está mais intimamente ligado com os vários modelos de agregação binária que postulam uma Lua formada a partir de uma nuvem de detritos aprisionada em órbita em torno de uma Terra em crescimento.

... A explicação da composição química aparentemente singular da Lua mediante modelos de agregação binária é ainda uma grande dificuldade, refletindo a complexidade do próprio processo de agregação, muito embora numerosas explicações possíveis tenham sido avançadas.

... Uma questão que se segue a respeito do modelo de agregação binária é a da consistência de sua aplicação a todos os planetas e satélites do Sistema Solar. Se a formação da Lua é uma consequência natural do processo de agregação, por que os outros planetas não têm luas de tamanhos comparáveis? Alguns participantes do debate argumentam que é mais plausível supor circunstâncias especiais para a Lua, do que inventar razões pelas quais outros diversos planetas não possuem satélites de maior porte.

...Mesmo os mais ardentes defensores do mecanismo de agregação binária admitem que este modelo, da mesma maneira que os modelos de fissão e de captura, padece da falta considerável de explicação satisfatória para como (e de onde) veio a Lua à existência. Certamente o processo de agregação não é ainda compreendido em detalhe... A discussão a respeito da origem da Lua parece ligar-se intimamente à questão mais ampla de como foi formado o Sistema Solar. Até o presente, entretanto, os observadores da Lua, com certo grau de satisfação, podem estar cientes de que permanece intacta a individualidade do vizinho mais próximo da Terra".

Enquanto muita coisa não é ainda compreendida em detalhe e modelos diversos vão sendo experimentados, permanece tão intacta como a individualidade da Lua a singela declaração de Gênesis 1:16 – "Fez Deus os dois grandes luzeiros: o maior para governar o dia, e o menor para governar a noite". De fato, "os céus (especialmente o céu iluminado pela Lua cheia) declaram a glória de Deus"!

Ilustração de um eventual mecanismo de formação da Lua por acreção a partir de impactos sucessivos na Terra primitiva com a formação de embriões lunares em órbita e sua osterior fusão

SISTEMA SOLAR

OS COMETAS E A CRIAÇÃO

É bem sabido que os cometas são objetos frágeis que não podem subsistir internamente ao Sistema Solar além de algumas centenas de revoluções em torno do Sol. Mostra-se que as teorias naturalistas elaboradas para explicar sua formação e manutenção são inadequadas para explicar sua existência continuada em um Sistema Solar suposto bastante antigo. São apresentadas evidências a favor da juventude dos cometas.

Paul M. Steidl

Mestre em Ciências e Colaborador da *Creation Research Society*, residente em Manor, Washington, E.U.A.

Introdução

De há muito tempo os cometas têm constituído uma verdadeira arma no arsenal criacionista. Por natureza eles são objetos de vida curta. Sua longevidade, quando em órbita no Sistema Solar, é medida em termos de milhares de anos. Sua existência continuada é, portanto, evidência a favor de um Sistema Solar recente. Os astrônomos, sem dúvida, estão cientes do problema e elaboraram numerosos modelos para a origem dos cometas, em um esforço para explicar como podemos continuar a observar cometas em um Sistema Solar que se supõe ter cinco bilhões de anos. Neste artigo examinam-se essas teorias para ver se elas são adequadas para explicar os cometas.

Os astrônomos têm certas razões particulares para desejarem estudar os cometas. De fato, os cometas despendem a maior parte de seu tempo longe do Sol, onde não há praticamente nada que possa causar alteração em sua estrutura ou composição no decorrer dos anos. Os astrônomos acreditam que a maior parte dos cometas esteja localizada em uma nuvem a dezenas de milhares de unidades astronômicas de distância do Sol, em uma espécie de geladeira armazenadora de cometas. Por isso, os cientistas encaram os cometas como permanecendo basicamente inalterados desde a sua formação, e esperam dos cometas, também, evidências relativas à maneira pela qual se formou o Sistema Solar, ou mais corretamente, esperam confirmar suas teorias sobre a natureza evolucionista da origem do Sistema Solar. De fato, existem mesmo alguns que afirmam que os cometas podem conter a chave que explique o início da evolução da vida sobre a Terra. Logo, é do interesse deles que os cometas se mostrem tão velhos quanto eles acreditam ser o Sistema Solar. A maioria dos astrônomos, portanto, acredita que os cometas se formaram ao mesmo tempo que o resto do Sistema Solar, há bilhões de anos (Donn e Rahe, 1982, p.219).

Os cometas são objetos de vida curta

Os cometas são objetos de vida curta, por duas razões: 1) eles perdem muito de sua massa cada vez que se aproximam do Sol; 2) suas órbitas são instáveis dinamicamente. A seguinte transcrição de parte de um artigo publicado por dois astrônomos, Carusi e Valsecchi (1958. p.261), sintetiza bem toda a situação:

> *"É bem sabido que o intervalo de vida dos cometas no interior do Sistema Solar limita-se a muitíssimo menos do que a própria idade do Sistema Solar, tanto fisicamente, devido à contínua perda de gás*

e poeira de seu núcleo, como dinamicamente, devido à instabilidade de seu movimento, que pode ocasionar sua ejeção ao longo de órbitas hiperbólicas. Esses argumentos, de fato, valem para todos os cometas, independentemente de serem de período longo ou curto, e a explicação convencional para o simples fato de que observamos os cometas é que existem nas regiões externas ao Sistema Solar reservatórios suficientes para o repovoamento das populações de cometas com ambos os tipos de período".

Assim, os cometas de longo e de curto período têm intervalos de vida muito menores do que a idade do Sistema Solar geralmente aceita.

Cada vez que um cometa passa pelo periélio, em seu ponto mais próximo do Sol, ele perde parte de sua massa para formar sua coma e sua cauda, às vezes se apresentando de forma tão deslumbrante. Há várias estimativas sobre quanto tempo levaria um cometa para desaparecer completamente, variando de 100 revoluções ao redor do Sol (Delsemme, 1985, p.861) a cerca de 1.000 (Alfven e Arrhenius, 1976, p.330; Woolfson, 1978, p.213). O maior intervalo de variação seria de 20 a 20.000 revoluções (Kresak, 1985, p.285), mas este último valor quase certamente é muito elevado. Algumas estimativas da quantidade de massa realmente perdida indicam 10^{11} kg em uma revolução (Elmegren, 1985, p.6; Kresak, 1985, p.281), e na maior aproximação até 24.000 kg/s (Moore e Mason, 1984, p.26). Isso significa que um cometa típico poderia perder alguns metros da espessura de seu núcleo em cada revolução (Delsemme, 1982, p.87). Em qualquer caso, porém, a longevidade de um cometa de período curto (menor do que 200 anos), levando em conta a evaporação do seu material volátil, fica entre milhares a centenas de milhares de anos, muito aquém dos esperados bilhões de anos.

Os cometas se deslocam através do Sistema Solar em órbitas bastante elípticas. Um cometa periódico pode estar em órbita comensurável com a de um planeta de grande massa, isto é, em uma órbita com período que seja uma fração simples do período do planeta, possibilitando sua permanência estável ao longo de grande intervalo de tempo. Se isso não acontecer, certamente será perturbado pela gravidade do planeta e a maioria dos cometas nessas condições acaba sendo ejetada do Sistema Solar seguindo órbitas hiperbólicas (Everhart, 1982, p.662). Júpiter é o planeta de grande massa responsável maior pela alteração das órbitas dos cometas.

Nenhuma evidência de cometas muito antigos

Logo de início, portanto, os cientistas reconhecem que enfrentam um problema para a explicação da existência de cometas em um Sistema Solar de bilhões de anos. Por esta razão, os astrônomos postularam a existência de um reservatório de cometas, como afirmaram Carusi e Valsecchi. É importante, assim, compreender desde logo que até mesmo os astrônomos reconhecem que não há evidências diretas de que os cometas tenham bilhões de anos.

O especialista em cometas Lubor Kresak afirmou (1982, p.57):

"Realmente não há evidências diretas de que o atual fluxo de cometas através do interior do Sistema Solar seja representativo de intervalos de tempo maiores."

Brian Marsden escreveu (1977, p.83):

"De fato, é muito possível que os cometas tenham estado no Sistema Solar (ou pelo menos no seu interior) durante menos de 0,1% da idade do Sistema Solar."

Armand H. Delsemme (1977, p.453) afirma:

"Em particular, a distribuição aleatória desses cometas, provindos esfericamente da nuvem de Oort, assemelha-se à dos agrupamentos globulares. ... Entretanto, a relação proporcional da geometria, acrescida das incertezas residuais que pesam sobre a sua forma precisa, provenientes do pequeno número de novos cometas observados, não implica que ela seja muito maior do que 10^7 a 10^8 anos".

Ainda no mesmo artigo Delsemme concluiu (p.453):

"Nenhuma evidência empírica exige para a nuvem de Oort uma idade maior do que poucos milhões de anos."

A referência a esses "milhões de anos" nas citações anteriores não implica que existam evidên-

cias de que os cometas tenham milhões de anos. A razão pela qual se menciona esse intervalo de tempo é que os cometas de mais longo período têm períodos de milhões de anos. Os astrônomos supõem que eles tenham sua origem nas extremidades do Sistema Solar, e que levariam alguns milhões de anos para atingir o interior do Sistema Solar. Não existem evidências, porém, de que jamais eles tenham estado a distâncias tão grandes. Não há também evidências contrárias à formação recente dos cometas em órbitas que levariam milhões de anos para serem percorridas.

Delsemme (p.453) continua explicando que, embora não haja evidência de que os cometas tenham mais do que alguns milhões de anos, o problema é que ninguém surgiu com uma teoria de como eles poderiam ter-se formado tão "recentemente". Portanto, é por causa da hipótese de que o Sistema Solar se formou há bilhões de anos, juntamente com a incapacidade dos astrônomos desenvolverem uma teoria naturalista para a formação recente dos cometas, que a maioria supõe a formação dos cometas há 4,5 bilhões de anos.

A origem das teorias atuais

As teorias modernas da formação dos cometas iniciaram-se com Jan Oort, que em 1950 efetuou uma análise das órbitas dos cometas conhecidos que tinham longo período (assim definidos como cometas de períodos maiores do que 200 anos). Observou ele que a maioria dos cometas de período longo tinha o afélio (maior distância do Sol) da ordem de dezenas de milhares de unidades astronômicas (U.A.). Em particular, parecia haver uma concentração em torno de 50.000 U.A. Postulou, então, a existência de uma nuvem com 10^{11} cometas em torno do Sol, a uma distância da ordem da metade da distância entre o Sol e as estrelas mais próximas. A passagem das estrelas próximas perturbaria, assim, alguns dos cometas da nuvem, de maneira a injetá-los no Sistema Solar e convertê-los em cometas de período longo. Perturbações posteriores provocadas pelos planetas de grande massa seriam as responsáveis pela conversão dos cometas de período longo em período curto (Weissmann, 1982, p.637). Desta forma, à medida que os cometas de período curto fossem se extinguindo, haveria sempre um novo suprimento de cometas entrando no Sistema Solar com período longo e se transformando em cometas de período curto. Todas as teorias em voga sobre a formação dos cometas são variações deste tema.

Os cientistas supõem que esta nuvem de cometas diste do sol cerca de 50.000 a 100.000 U.A., e contenha cerca de dois trilhões de cometas. Isso significaria cerca de 30 vezes a massa terrestre (Delsemme, 1977, p.453). A denominação "nuvem de Oort" foi dada em homenagem ao astrônomo que sugeriu a sua existência. Os cometas nesta nuvem estariam em órbitas suficientemente distantes do Sol para que seus componentes voláteis nunca se vaporizassem, e desta forma poderiam existir indefinidamente. Ocasionalmente, a passagem de uma estrela perturbaria a órbita de alguns deles, que se afundariam no interior do Sistema Solar surgindo como novos cometas.

Não existe, entretanto, nenhuma evidência observacional direta a favor da nuvem de Oort. Ela permanece como mera hipótese. Como algo semelhante à nuvem de Oort é necessário para permitir a existência de cometas por bilhões de anos, a maioria dos cientistas aceita a realidade de sua existência. Como declarou certo astrônomo: "Embora existam várias dificuldades para explicar a formação da nuvem e sua subsequente evolução, ela constitui a base para quase todos os estudos atuais sobre a origem e a evolução dos cometas". (Donn, 1976, p.663). Portanto, embora existam dificuldades, como veremos logo a seguir, os astrônomos são forçados a aceitar essa teoria. Alguns astrônomos, entretanto, são levados a duvidar da existência da nuvem de Oort (Everhart, 1984, p.215; Witkowski, 1972, p.419).

Ao nos determos em detalhes dessa fonte de cometas de período longo, torna-se evidente que existem tantas teorias e variações suas quantos são os astrônomos que a estudam. A maioria deles aceita ainda a existência de uma nuvem de Oort. Entretanto, alguns, compreendendo os problemas envolvidos na sua existência, postulam fontes diferentes para os cometas. Cada um está preocupado em destacar as dificuldades existentes nas teorias dos outros, embora nem sempre consiga ver as dificuldades da sua própria. De fato, em cada passo envolvido no tratamento da

origem dos cometas, surge pelo menos um astrônomo otimista julgando ter conseguido resolver o problema. Logo, se em todos os passos se aceitar a afirmação do autor mais otimista, pareceria que todos os problemas foram resolvidos. Isso, entretanto, está longe de ser verdade.

Será útil descrever agora as duas categorias em que os cometas têm sido divididos – de período longo, e de período curto. Os períodos dos cometas variam amplamente, desde cerca de três anos até quase ao infinito. É tomado arbitrariamente o limite de 200 anos para a separação das duas categorias. Na realidade esse valor não é totalmente arbitrário, pois as características das duas categorias distintas de cometas diferem entre si. Os cometas de período curto são os mais conhecidos, pois retornam repetidamente, como o cometa Halley. A maioria dos cometas de período curto tem órbita prógrada, isto é, giram em torno do Sol na mesma diração que os planetas. Tendem, também, a se localizar próximo ao plano da eclíptica, isto é o plano no qual está a órbita da Terra. Os cometas de período longo, por outro lado, orientam-se aleatoriamente. Não se confinam à eclíptica, e podem ter uma orientação qualquer. São vistos uma só vez porque o intervalo de tempo entre seus aparecimentos é muito grande ou porque nunca antes se adentraram no Sistema Solar.

Os cometas de período longo, por sua vez, podem ser divididos em outras duas categorias – os que são "novos" e os que não são. O que é um cometa "novo" e como podem os astrônomos dizer se um cometa é novo ou não, se todos eles são vistos somente uma vez? Os cometas novos têm algo em comum; ao serem computadas suas órbitas, todos eles apresentam grandes afélios, ou distâncias máximas do Sol. Esses afélios variam de algumas dezenas de milhares de U.A. até cerca de 100.000 U.A.

Os cientistas acham que isso implica que todos os cometas de período longo iniciaram-se na mesma distância, igual à dos cometas novos. Alguns entraram no interior do Sistema Solar antes, e ao fazê-lo, a gravidade dos planetas perturbou suas órbitas o suficiente para que seus afélios não mais permanecessem os mesmos. Assim, após uma única passagem através do Sistema Solar, um cometa "novo" se torna não novo, mas ainda permanece com um período longo (Van Flandern, 1978, p.89). Entretanto, os cometas "novos" jamais adentraram o Sistema Solar anteriormente. Consequentemente, ao serem vistos pela primeira vez, todos eles parecem ter órbitas semelhantes. O fato de que os cometas "novos" têm afélios semelhantes é usado como evidência a favor da existência da nuvem de Oort, a 50.000 U.A. Na realidade, é este um raciocínio em círculo vicioso, já que os cometas novos foram definidos como sendo os que têm afélios dessa ordem de grandeza.

A formação da nuvem de Oort

Uma pergunta que surge naturalmente a respeito da nuvem de Oort é de onde ela teria vindo? O próprio Oort considerou essa questão e decidiu que há somente duas possibilidades. Ou os cometas desta nuvem distante formaram-se lá, a grande distância do Sol, ou se formaram no interior do Sistema Solar, entre os planetas, de onde foram ejetados posteriormente (Vanysek, 1976, p.44). Os astrônomos não se puseram em acordo com a resposta, e o problema ainda permanece em aberto (Donn e Rahe, 1982, p.219) porque existem todas as possibilidades.

Para os que acreditam que os cometas se formaram no Sistema Solar, o lugar mais aceito é a região dos planetas exteriores, de Júpiter a Netuno. Eles teriam de se formar pelo menos a essa distância do Sol para que o metano, a amônia e o monóxido de Carbono permanecessem congelados. Neste caso, eles teriam de ser ejetados para a nuvem de Oort, mediante a atuação dos planetas exteriores. Júpiter, porém, seria bastante ineficiente para isso. Somente 1% dos cometas ejetados por Júpiter entraria na nuvem de Oort; o resto seria totalmente ejetado do Sistema Solar. Urano e Netuno teriam levado muito tempo para se formar – a escala de tempo seria de 100 bilhões de anos. A eficiência do processo de ejeção, levando em conta todos os planetas gigantes é de somente poucos décimos de por cento. Isso significa que, para se ter o número estimado de dois trilhões de cometas na nuvem de Oort, a massa inicial dos cometas teria de ter sido aproximadamente igual a um décimo da massa do Sol (Donn e Rahe, 1982, p.219). Mendis e Alfven (1976, p.643) declaram: "isso parece exigir um

número embaraçosamente grande de cometas dentro do Sistema Solar em algum instante ($>10^{16}$)". De fato, Alfven e Arrhenius afirmam (1976, p.328):

> *"Oort sugeriu que os cometas de período longo eram produzidos nas regiões internas do sistema planetário e ejetados pela ação de Júpiter. Cálculos detalhados da evolução orbital mostram que esse mecanismo é impossível. O resultado é fatal também para a teoria de Whipple sobre a origem dos cometas na região entre Urano e Netuno. É forçoso concluir que os cometas se formaram por algum processo na região transplanetária."*

E o que dizer então da teoria de que os cometas se formaram onde eles se encontram? A objeção usual a esta teoria é que a nebulosa solar, da qual se supõe ter sido formado o Sistema Solar, seria muito menor do que a distância até a nuvem de Oort. Não existiria material algum àquela distância para a formação dos cometas (Vanysek, 1976, p.44; Whipple, 1976, pp.44, 628-629; Fernandez, 1985, p.45). E há cientistas que também afirmam que não teria existido suficiente material para a formação dos cometas (Greenberg, 1985, p.3).

Mais recentemente foi sugerido que os cometas se formaram a distâncias intermediárias do Sol, em alguns fragmentos de maior massa da nebulosa solar, que se desligaram da porção que se tornou o Sistema Solar interior. Ou ainda, se as estrelas se formam nos agrupamentos, talvez pudessem existir fragmentos de material com bastante massa, flutuando pelo espaço, a partir dos quais os cometas pudessem se originar (Donn e Rahe, 1982, pp.220-222). Estas são suposições *ad-hoc* e não existe razão para pensar que isto aconteceria. Safronov (1977, p.483) declarou que esta teoria não tem o apoio dos fatos. Fica patente, da leitura dos artigos dos astrônomos que propõem tais coisas, que eles estão à cata de uma tábua de salvação, por não poderem pensar de outra maneira para explicar a formação da nuvem de Oort a grandes distâncias do Sol. Todas essas ideias são meras suposições que não apresentam evidências a seu favor.

Teorias alternativas à Nuvem de Oort

Alguns astrônomos concluíram que as evidências simplesmente tornam impossível a formação da nuvem de Oort, e passaram a procurar outras explicações para os cometas. Por exemplo, alguns passaram a dizer que os cometas não se formaram como parte de nosso Sistema Solar, mas que foram capturados de nuvens moleculares gigantes no espaço interestelar pelo qual o sistema passou (Yabushita, 1985, p.11). Mas isso também apresenta problemas. Primeiro, a falta de observação de cometas com órbitas hiperbólicas, que indicariam cometas originalmente não ligados ao Sol gravitacionalmente. Segundo, Júpiter não poderia capturar tais cometas em órbitas elípticas. Terceiro, quaisquer cometas que fossem capturados desta forma tenderiam a ter pequenas inclinações, isto é, tenderiam a ter órbitas próximas da eclíptica. Este não é o caso (Fernandez, 1985, p.45). E quarto, a abundância relativa das substâncias químicas dos cometas parece ser a mesma encontrada no Sistema Solar, o que não seria de esperar se eles tivessem sido formados em qualquer outra parte (Delsemme, 1977, p.453).

Os astrônomos que fazem essa postulação são forçados a fazer numerosas hipóteses, incluindo uma alta densidade de cometas nessas nuvens interestelares, e ainda, que as nuvens moleculares gigantes se formam a partir dos cometas, e não vice-versa. Alguns astrônomos tentam contornar a objeção de baixa probabilidade para a captura, mediante a suposição de condições especiais internamente às nuvens moleculares das quais proviriam os cometas. Porém, eles admitem que o processo é desconhecido (Clube, 1985, p.19). Fernandez calculou que o mecanismo proposto por eles seria inadequado para a criação de uma nuvem de cometas com dimensões razoáveis (Fernandez, 1985, p.45). A primeira barreira intransponível para o evolucionista: não há maneira para a formação da nuvem de cometas.

Preservando a nuvem de Oort

Supondo que, de alguma maneira, um grande número de cometas veio a se localizar em uma nuvem distante ao redor do Sol, encontramos outras dificuldades. A vida de tal nuvem no decorrer de 4,5 bilhões de anos não seria algo inteiramente tran-

quilo. Mecanismos destrutivos estariam em ação tornando impossível a persistência da nuvem.

O Sistema Solar está em movimento através da galáxia, a Via Láctea, na qual ele se localiza. De fato, ele está em órbita em torno do centro da galáxia, a uma distância de 10 quiloparsecs (3,2. 10^{17} quilômetros). Ele se desloca com a velocidade de 25 km/s com relação ao braço espiral mais próximo do Sol. Os braços espirais da galáxia são as regiões onde as nuvens moleculares são mais densas. Portanto, durante os 4,5 bilhões de anos durante os quais o Sol supostamente esteja se deslocando dessa forma, ele deveria ter passado através de cerca de 15 dessas grandes nuvens. Em 1979 Napier (p.455) concluiu que: "Claramente a parte externa da nuvem de Oort, da qual se supõe que os cometas de período longo derivem, teria sido varrida muito eficientemente ..."

Mais recentemente foi mostrado que a única maneira pela qual uma nuvem de cometas poderia sobreviver a passagens repetidas através de tais nuvens moleculares é estar muito mais concentrada próximo ao Sol do que se pensava antes (Bailey, 1984, p.65). Alguns então propuseram que realmente deveriam existir duas nuvens de cometas (Fernandez, 1985, p.45; Clube, 1985, p.19), uma relativamente próxima, que não pôde ser varrida pelas passagens através das nuvens moleculares, e que pôde reabastecer a nuvem mais externa; e a segunda, a tradicional nuvem de Oort, a grande distância. Porém, o reabastecimento da nuvem externa pela interna é um processo ineficiente. Introduzir centenas de bilhões de cometas na nuvem externa, a partir da interna, significa que esta nuvem interna deve ter de 10^{15} a 10^{16} cometas (Napier, 1985) p.31). Isso é quase igual à massa do próprio Sol. Uma massa tão grande de cometas estaria em conflito com outros aspectos da formação do Sistema Solar (Clube, 1985, p.19). E não há como os planetas externos, de menor massa, terem podido introduzir esta grande massa em órbita de período mais longo (Napier, 1985, p.31). Eu também questiono se esse processo poderia deslocar dois trilhões de cometas de uma nuvem interna para outra externa no decorrer do tempo, entre as passagens através das nuvens moleculares. Além disso, Napier afirma que a meia-vida de uma nuvem interna seria somente de um bilhão de anos, e por isso ela deve ser excluída (Napier, 1985, p.31). Esta é a segunda barreira: a nuvem de Oort não poderia viver 4,5 bilhões de anos.

Trazendo de volta os cometas

Oort foi de fato capaz de mostrar que a passagem de uma estrela poderia alterar a órbita de um cometa da nuvem o suficiente para encaminhá-lo em direção ao Sistema Solar como um novo cometa. Mas este seria um cometa de período longo. O dilema dos astrônomos é a explicação dos cometas de período curto que despendem tanto tempo perto do Sol que sua vida se torna inaceitavelmente curta. Alguma maneira teria de ser descoberta para transformar os cometas de período longo em cometas de período curto.

A teoria de que os cometas de período longo se transformam em cometas de período curto pela interação gravitacional com Júpiter tem quase dois séculos, e originou-se com Laplace. Mas foi demonstrado por H. A. Newton em 1981 que a única aproximação com Júpiter ou qualquer outro planeta não pode transformar um cometa de período longo em cometa de período curto. A probabilidade desse acontecimento é extremamente baixa, e mesmo para os que tivessem sua órbita alterada suficientemente, suas características não corresponderiam às de um cometa real (Mendis e Alfven, 1976, pp.649-650). Everhart (1969, p.735), que tem trabalhado extensivamente em modelos computacionais de órbitas de cometas, afirma:

> *"Cada distribuição calculada está em sério conflito com a distribuição correspondente para os cometas de período curto conhecidos. Estes não podem ser o resultado imediato ou não modificado da captura por Júpiter."*

Mas recentemente, Everhart demonstrou que se pode ter maior sucesso na reprodução das órbitas de cometas de período curto a partir de cometas de período longo, após várias centenas de aproximações com Júpiter pelo mesmo cometa (Alfven e Arrhenius, 1976, p.234). Infelizmente há tantos cometas de período curto que este processo os produziria em número de 1.000 (Bailey, 1984, p.65) a 10.000 vezes menor (Alfven e Arrhenius,

1976, p.330). As transições de cometas de período longo para período curto não podem ser feitas com suficiente rapidez para explicar o número observado de cometas de período curto.

Eis aqui a terceira barreira: os cometas da nuvem de Oort não podem explicar os cometas de período curto.

Encontramos, portanto, três barreiras intransponíveis para a teoria da nuvem de Oort: não há como criar a nuvem de Oort; a nuvem de Oort não poderia sobreviver durante o período da suposta idade do Sistema Solar, e os cometas não podem retornar da nuvem de Oort com a rapidez suficiente.

A Idade dos Cometas

A conclusão já é óbvia – alguma forma de nuvem de Oort é necessária para preservar os cometas, intrinsecamente de vida breve, durante bilhões de anos. Não foi descoberta nenhuma maneira para criar nem para manter tal nuvem e, portanto, os cometas são recentes. Mas existem também outras indicações de sua idade recente.

Lubor Kresak analisou a dinâmica dos cometas de período curto e longo. Concluiu ele que os cometas desses dois tipos diferem substancialmente em sua história dinâmica. De fato, diz ele: "... os destinos finais dos cometas de período longo e período curto, e portanto suas evoluções estrutural e física, são diferentes" (1985, pp.296-298). Isto significa que os cometas de período curto não provieram de cometas de período longo. Portanto aqui está um outro hiato na cadeia que liga a nuvem de Oort aos cometas de período curto.

Contudo, há algo mais significativo nesta sua análise, do que ele mesmo alcança. Sua conclusão de que os cometas de período curto e longo são intrinsecamente diferentes, baseia-se parcialmente em observações comparando as órbitas dos asteroides e dos cometas. Existe a teoria de que, uma vez o cometa tendo sido "desgaseificado" até que todos, ou quase todos, seus componentes voláteis desapareçam, ele passará a parecer muito com um asteroide. Alguns dos objetos que identificamos como asteroides, de fato podem ser cometas extintos. Seria de se esperar que os cometas de curto período, que retornam para a proximidade do Sol a cada poucos anos ou décadas, perdessem seus componentes voláteis em um período de tempo relativamente curto, e se tornassem objetos semelhantes a asteroides. E de fato existem alguns asteroides cujas órbitas se assemelham às de cometas de período curto.

Ora, alguns dos cometas de maior período deveriam também ter efetuado suficientes passagens junto ao Sol para que perdessem suas substâncias voláteis e se transformassem em objetos semelhantes a asteroides. Isso levaria mais tempo para eles do que para os cometas de período curto, pois eles retornam com menor frequência. Contudo, teria havido bastante tempo disponível se o Sistema Solar tivesse 4,5 bilhões de anos. Apesar do fato de que objetos do Sistema Solar com afélios aquém de Saturno devessem ser facilmente observados, nenhum asteroide em órbita semelhante à de cometa foi descoberto nessa região (Kresak, 1985, pp.296-298). Kresak intriga-se com esse fato. A única maneira pela qual ele pode explicá-lo é que os cometas de período curto e de período longo são fisicamente diferentes, os de período curto sendo capazes de se transformarem em asteroides e os de período longo não sendo. Porém ele observa "...que não existem diferenças sistemáticas observáveis em seu mecanismo de radiação." (1985, pp.296-298). O que ele está afirmando é que os cometas de período longo e curto são idênticos em todos os aspectos, exceto em que, aparentemente, um produz asteroides e o outro não.

O que isto significa? Alguns cometas de período curto podem ter-se transformado em asteroides, mas isso não aconteceu com nenhum cometa de período longo. A conclusão é claramente que, enquanto tem havido tempo suficiente para alguns cometas de período curto se transformarem em asteroides, não tem havido para os de período longo. Isso é uma indicação clara de que os cometas são muito mais jovens do que a suposta idade do Sistema Solar. Os intervalos de vida exatos dos cometas são desconhecidos, mas podemos fazer algumas estimativas. Um cometa com o afélio à distância da órbita de Saturno teria um período de cerca de 15 a 30 anos. Se ele durar até um máximo de 1000 revoluções, sua longevidade seria de 15.000 a 30.000 anos. Parece que nenhum cometa tenha durado tanto tempo.

Existe também uma grande disputa sobre se os cometas realmente se transformam em asteroides. Independentemente de sim ou não, os evolucionistas ainda enfrentarão dificuldades. Se os cometas se transformam em asteroides, então a ausência de asteroides ao longo de órbitas de cometas de período longo demonstra a juventude dos cometas. Se eles não se transformam em asteroides, como disse Kresak, deve haver duas populações independentes de cometas, sem nenhuma transição entre cometas de período longo e período curto, e portanto sem nenhuma maneira de reabastecer os cometas de período curto com cometas de período longo.

Há evidências de que os cometas de período longo não têm estado em órbita há muito tempo. Lembremos que os cometas novos são cometas de período longo que estão adentrando o Sistema Solar pela primeira vez. Uma vez tendo penetrado, deveriam continuar a retornar às proximidades do Sol como cometas de período longo que não mais seriam novos. Entretanto, a maioria dos cometas de período longo é de novos cometas. (Vanysek, 1976, p.44). São realmente observados somente cerca de um quarto de todos os cometas não novos esperados (Everhart, 1979, p.23). Se isto estiver acontecendo durante bilhões de anos, e os cometas pudessem ter sobrevivido a centenas de revoluções, deveria haver muitas vezes mais cometas "velhos" do que novos. Simplesmente não houve tempo suficiente para muitos cometas velhos voltarem para uma segunda aproximação.

A resposta usualmente dada para isto é que existem efeitos de seleção na observação dos cometas. Se o brilho dos cometas diminuir no decorrer do tempo, haveria maior probabilidade de observar novos cometas do que velhos, mais escuros (Shtejns, 1972, p.347). Kresak (1977, p.93), entretanto, discorda. Ele afirma que a ausência de cometas velhos somente pode ser explicada se quase todos os cometas novos se extinguirem após uma passagem pelo periélio, ou se escurecerem apreciavelmente após uma única passagem.

Mesmo o espaço mais profundo não está vazio. Um residente do espaço são os raios cósmicos. Durante bilhões de anos um grande número de raios cósmicos passaria através de um cometa. O efeito seria polimerizar os compostos simples e os gases congelados que constituem o cometa. Isso significa que as pequenas moléculas se tornariam maiores e menos voláteis, moléculas estas que agora não se evaporariam da superfície tão facilmente quando o cometa finalmente atingisse o interior do Sistema Solar. Os raios cósmicos penetrariam na camada externa de um cometa atingindo de um a alguns metros de profundidade (Donn, 1976, p.617). Schulman (1972, p.265) calculou que, durante o intervalo de 2.10^7 a 2.10^8 anos cada molécula na camada superficial teria sido atingida pelos raios cósmicos e tomaria parte nessas reações químicas. Isto está em contraste gritante com o que é realmente observado. Os cometas novos são bastante brilhantes, significando que estão perdendo grandes quantidades de gás e poeira. Não há, assim, indicação de que os cometas tenham despendido grande intervalo de tempo no espaço.

Alguns dizem que o efeito dos raios cósmicos provocaria realmente o aumento da atividade de cometas novos (Whipple, 1981, p.1). As experiências, porém podem indicar o contrário. O gás metano, quando exposto à radiação, transforma-se em um óleo viscoso (Shulman, 1972, p. 265). Em outra experiência, gases congelados a baixa temperatura foram expostos à radiação ultravioleta, e não a raios cósmicos, e o resultado foi algo que se chamou de "material amarelo", que não evaporou nem mesmo quando aquecido. Isso aconteceria, no espaço, em somente 10 milhões de anos (Greenburg, 1982, p.131).

Os raios cósmicos podem produzir outro efeito. Eles são formados primeiramente de prótons (núcleos de átomos de Hidrogênio) deslocando-se com velocidades próximas à da luz. Têm energia extremamente alta e são capazes de induzir reações nucleares. Um tipo de reação que pode ser induzida pelos raios cósmicos é chamado de "estilhaçamento". Uma reação de estilhaçamento é aquela na qual um próton de alta energia atinge o núcleo de um átomo relativamente pesado e o fraciona em fragmentos menores, cada um dos quais se torna então o núcleo de uma espécie diferente de átomo (Harwit, 1973, p.35). Carbono, Nitrogênio e Oxigênio estão entre os elementos pesados mais comuns que se apresentam como alvos prováveis desses

prótons de alta energia (Harwit, 1973, p.421). Esses elementos estão presentes em compostos tais como o metano, a amônia e a água, que existem nos cometas. No decorrer de um longo intervalo de tempo, as reações de estilhaçamento dariam como resultado uma quantidade relativamente grande do elemento Lítio como produto do estilhaçamento (Harwit, 1973, p.35). Quanto maior fosse a exposição aos raios cósmicos, tanto maior seria a quantidade de Lítio nos cometas. Entretanto, ao se examinarem os aspectos dos cometas, nenhum Lítio se encontra presente (Donn, 1976, p.620). Novamente se verifica que os cometas não podem ter estado expostos à ação dos raios cósmicos por longo tempo.

Teoria de Nuvem não-Oort

O que acabamos de ver é que não há meios de explicar como os cometas podem existir por um período de bilhões de anos. Eles são muito mais recentes que esse período. Alguns astrônomos, compreendendo este fato, abandonaram o tipo de explicação baseado na nuvem de Oort e tentaram explicar como os cometas poderiam ter-se formado recentemente.

Alguns astrônomos que rejeitaram a nuvem de Oort apresentam como uma das razões desse seu procedimento a chamada distribuição dos periélios. Se os cometas fossem, na verdade, orientados aleatoriamente no espaço, esses pontos de periélio pareceriam provir de todas as direções com igual probabilidade (Weismann, 1985, p.87). Na realidade isso não acontece. Existem cerca de cinco direções das quais os cometas preferem provir, com preferência excepcional por uma delas. Isto não é consistente com a nuvem de Oort bastante antiga, cujos cometas seriam perturbados pela passagem de estrelas, pois nesse caso os cometas deveriam estar provindo de todas as direções com igual probabilidade. Além do mais, todos os cometas de período longo, tanto velhos como novos, têm o seu periélio aglomerado na mesma direção geral (Yabushita, 1985, p.11). Ora, supõe-se que os cometas velhos de período longo tenham estado através do Sistema Solar antes, e tiveram suas órbitas severamente alteradas pela ação da gravidade dos planetas. Mas se os cometas velhos e novos apresentam todos a mesma distribuição, torna-se claro que nenhum deles jamais foi influenciado pelos planetas, desde que iniciaram sua viagem através do Sistema Solar. Logo, não somos obrigados a supor que os cometas em geral tenham sequer a idade correspondente a um só período dos cometas mais antigos de período longo.

Esta consideração, novamente, é frequentemente atribuída a efeitos seletivos presentes nas observações. Witkowski cita diversos estudos cujo propósito era eliminar dos dados esses efeitos seletivos, para mostrar que a distribuição verdadeira é aleatória. Contrariamente à expectativa dos investigadores, a distribuição não aleatória é real. E de fato o movimento dos cometas é semelhante aos movimentos das estrelas nas vizinhanças do Sol. (Witkowski, 1972, p.419).

Outra observação indicando que os cometas não provieram de uma nuvem de Oort uniforme é a distribuição das órbitas de alguns cometas. A maioria dos objetos no Sistema Solar situa-se no plano da eclíptica. Os cometas apresentam órbitas com todas as orientações. Existem, de fato, alguns cometas cujas órbitas estão em planos perpendiculares à eclíptica. Destes, existem 54% mais no sentido retrógrado do que no prógrado, número bastante grande para provir de efeitos primordiais ou galáticos, e que sofreriam dissipação por difusão orbital dentro de 20 a 30 milhões de anos. Logo, esses cometas devem ser mais recentes que esse limite (Delsemme, 1985 a, p.19; Delsemme, 1985 b, p.896).

Uma teoria ainda menos ortodoxa para a origem dos cometas é o remendo de uma velha teoria proposta por dois astrônomos – Ovenden e Van Flandern. Eles observaram que os cometas tendem a provir de certas direções preferenciais no céu. Isso lhes sugeriu que houve anteriormente um planeta entre Marte e Júpiter, onde hoje se localiza o cinturão de asteroides. Esse planeta teria explodido e seus fragmentos seriam os asteroides e cometas. Eles afirmam que o planeta tinha cerca de 90 vezes a massa da Terra e que explodiu há cerca de seis milhões de anos (Van Flandern, 1977, p.475; Ovenden, 1973, p.319; Van Flandern, 1978, p.89). Isso realmente resolve alguns problemas que as outras teorias não conseguem explicar. Esta teoria é uma das poucas que podem explicar a direção preferencial dos periélios

dos cometas, e na minha opinião é a única que apresenta alguma explicação de porque a maioria dos cometas novos parece ter aproximadamente a mesma distância para seu afélio. A resposta é simples: se a explosão ocorreu há seis milhões de anos, apenas os cometas que se formaram na explosão original com o período de seis milhões de anos estariam sendo vistos novamente em seu primeiro retorno. Não fora um vício de origem, intransponível, seria tentador buscar encontrar uma maneira de enquadrar essa teoria em uma escala de tempo criacionista. O problema é que não há processo conhecido que pudesse fazer um planeta gigante explodir (talvez uma colisão pudesse explicar o caso).

Uma teoria mais estranha afirma que os cometas estão em contínua formação ainda hoje no Sistema Solar. Alfven e Arrhenius desenvolveram uma teoria completa para a formação do Sistema Solar baseada no que chamaram de correntes de jato. Afirmam eles que a poeira no Sistema Solar, ao invés de se espalhar, tende a se concentrar em densos aneis que eles chamaram de correntes de jato. A poeira assim concentrada é capaz de se agregar formando corpos com dimensões maiores. Eles alegam que, por exemplo, toda a poeira existente nas órbitas dos cometas realmente não está se espalhando ao longo da órbita, como a maioria acredita, mas de fato está se agregando ao cometa, tornando-o maior. Assim, os cometas estão continuamente em formação a partir da poeira solta no Sistema Solar (Alfven e Arrhenius, 1976, p.330). Isto é contra a lógica e também contra o Segundo Princípio da Termodinâmica. A maioria dos astrônomos rejeita o processo pela sua impossibilidade.

E a teoria mais bizarra de todas é a que conta com o apoio de um grande número de astrônomos soviéticos, que declaram que os cometas resultaram da erupção de vulcões de todos os planetas.

Esse processo é suposto estar em ação ainda hoje em dia, sendo os vulcões de Júpiter a sua fonte principal, mas no passado teria ocorrido em todos os planetas, até mesmo em Mercúrio e Vênus, planetas bastante quentes. (Vsekhsvyatsky, 1972, p.413). É mais do que óbvio que os dois corpos do Sistema Solar que sabidamente apresentam vulcanismo ativo, a Terra e Io, satélite de Júpiter, não estão a ejetar cometas. Júpiter não parece capaz de ter vulcões, e se tivesse, não é provável que qualquer coisa que fosse ejetada por eles fosse capaz de escapar à sua tremenda força gravitacional. E esta é mais uma suposição inverossímil.

Conclusão

Está claro que as teorias evolucionistas são totalmente incapazes de explicar a existência de cometas em um Sistema Solar antigo. Elas não podem explicar a formação, nem a manutenção e o retorno dos cometas. A composição química, o comportamento e as órbitas dos cometas não são consistentes com extensas eras e com uma formação naturalista. Os cometas são objetos recentes. E desde que não existe nenhum mecanismo natural que possa explicar a formação recente dos cometas, eles devem ter sido criados recentemente em um Sistema Solar recente.

Referências

(1) Alfven, H., and C. Arrhenius, 1976. "Evolution of the solar system". NASA Washington, D.C.

(2) Bailey, M.E. 1983. "Comets, Planet X and the orbit of Neptune". *Nature*, 302:399.

(3) Bailey, M.E. 1984, "Summary of the RAS specialist discussion on the early history of the solar system". *Observatory*, 104 (1059):65.

(4) Carusi, A., and G.B. Valsecchi, 1985. "Statistical and numerical studies on the orbital evolution of short-period comets" *in* Carusi, A., and G.B.Valsecchi (editors). "Dynamics of comets: their origin and evolution". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(5) Clube, S.V.M. 1985, "Molecular clouds: comet factories?" *in* Carusi, A. and G.B.Valsecchi (editors). "Dynamycs of comets: their origin and evolution". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(6) Delsemme, A.H. 1977. "The origin of comets" *in* Delsemme, A.H. (editor) "Comets, asteroids, meteorites". University of Toledo, Toledo, OH.

(7) Delsemme, A.H. 1985. "Chemical composition of nuclei" in Wilkening, L. (editor). "Comets", University of Arizona Press, Tucson.

(8) Delsemme, A.H. 1985a. "The nature of the cometary nucleus". Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 97:861.

(9) Delsemme, A.H.1985b. "Empirical data from Oort's Cloud" *in* Carusi, A. and G.B. Valsecchi (editors). "Dynamics of comets: their origin and evolution". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(10) Delsemme, A.H. 1985c. "Has the orbit of Nemesis been detected?" Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 97:896.

(11) Donn, B. 1976. "Comets, interestellar cloud and star clusters in

the study of comets". NASA, Washington, D.C.

(12) Donn, B. and J. Rahe 1982. "Structure and origin of cometary nuclei" in Wilkening, L. (editor). "Comets". University of Arizona Press, Tucson.

(13) Elmegreen, D.M. "Comets: keys to our solar system" *Astronomy*. 13(3):6.

(14) Everhart, E. 1969. "Close encounters of comets and planets" *Astronomical Journal* 74:735.

(15) Everhart, E. 1979. "The shortage of long-period comets in elliptical orbits" *in* "Dynamic of the solar system". D. Reidel Publishing Co., Boston.

(16) Everhart, E. 1982. "Evolution of long and short-period orbits" in Wilkening, L. (editor). "Comets". University of Arizona Press, Tucson.

(17) Everhart, E.J. 1984. "The size of the solar system – but for an occasional star". *Science News* 126:215.

(18) Fernandez, J.A. 1985. "The formation and dynamical survival of the comet cloud" *in* Carusi, A. and G. B. Valescchi (editors). "Dynamics of comets: their origin evolution". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(19) Greenburg, R. 1982. "What are comets made of? A model based on interstellar dust" *in* Wilkening, (editor). "Comets". University of Arizona Press, Tucson.

(20) Greenburg, R. 1985. "The origin of comets among the accreting outer planets" *in* Carusi, A. and G. B. Valsecchi (editors). "Dynamics of comets: their origin and evolution". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(21) Harwit M. 1973. "Astrophysical concepts". John Wiley and Sons, New York.

(22) Kresak, L. 1977. "An alternate interpretation of the Oort Cloud old comets" *in* Delseme, A. H. (editors). "Comets, asteroids, meteorites". University of Toledo, Toledo, OH.

(23) Kresak, L. 1982. "Comet discoveries, statistics, and observational selection" *in* Wilkening, L. (editor). "Comets". University of Arizona Press, Tucson.

(24) Kresak, L. 1985. "The aging and lifetimes of comets: their origin and evolution". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(25) Moore, P. and J., Mason. 1984. "The return of Halley's Comet". Warner Brooks, New York.

(26) Marsden, B. G. 1977. "Existence of Oort's Cloud of comets" *in* Delsemme, A. H. (editor). "Comets, asteroids, meteorites". University of Toledo, Toledo, OH.

(27) Mendis, A. and H. Alfven, 1976. "On the origin of comets in the study of comets". NASA, Washington, D.C.

(28) Napier, W. M. and S. V. M. Clube. 1979. "A theory of terrestrial catastrophism". *Nature* 282:455.

(29) Napier, W. M. 1985. "Dynamical interations of the solar system with massive nebulae" *in* Carusi, A., and G. B. Valsecchi (editors). "Dynamics of comets: their origin and evolution". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(30) Ovenden, M. W. 1973. "Planetary distances and the missing planet" in Tapley, B. D. and V. Szebehely (editors) "Recent advances in dynamical astronomy". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(31) Safranov, V.S. 1977. "Oort's cometary cloud in the light of modern cosmogony" *in* Delsemme, A. H. (editor) "Comets, asteroids, meteorites". University of Toledo, Toledo, OH.

(32) Shtejns, K.A. 1972. "Diffusion of comets from parabolic into nearly parabolic orbits" *in* Chebotarev, G. A. *et. al.* (editors). "The motion, evolution of orbits and origin of comets". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(33) Shulman, L.M. 1972. "The chemical composition of cometary nuclei" in Chebotorev, G. A. *et al.* (editors). "The motion, evolution of orbits and origin of comets". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(34) Van Flandern, T. C. 1977. "A former major planet of the solar system" *in* Delsemme, A. H. (editor). "Comets, asteroids, meteorites". University of Toledo, Toledo, OH.

(35) Van Flandern, T. C. 1978. "The asteroidal planet as the origin of comets" *in* Szebehely, V. (editor) "Dynamics of planets and satellites and theories of their motion". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(36) Vanisek, V. 1976. "Photometry of the cometary atmosphere: a review" *in* "The study of comets". NASA, Washington, D. C.

(37) Vsekhsvyatskij. S. K. 1972. "The origin and evolution of the comets and other small bodies in the solar system" in Cheboratev, G. S. *et al.* (editors). "The motion, evolution of orbits and origin of comets". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(38) Witkowski, J.M. 1972. "On the problem of the origin of comets" in Chebotarev, G.A. *et al.* (editors). "The motion, evolution of orbits and origin of comets". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(39) Whipple, F.L. 1976. "The nucleus: panel discussion" *in* "The study of comets". NASA, Washington, D.C.

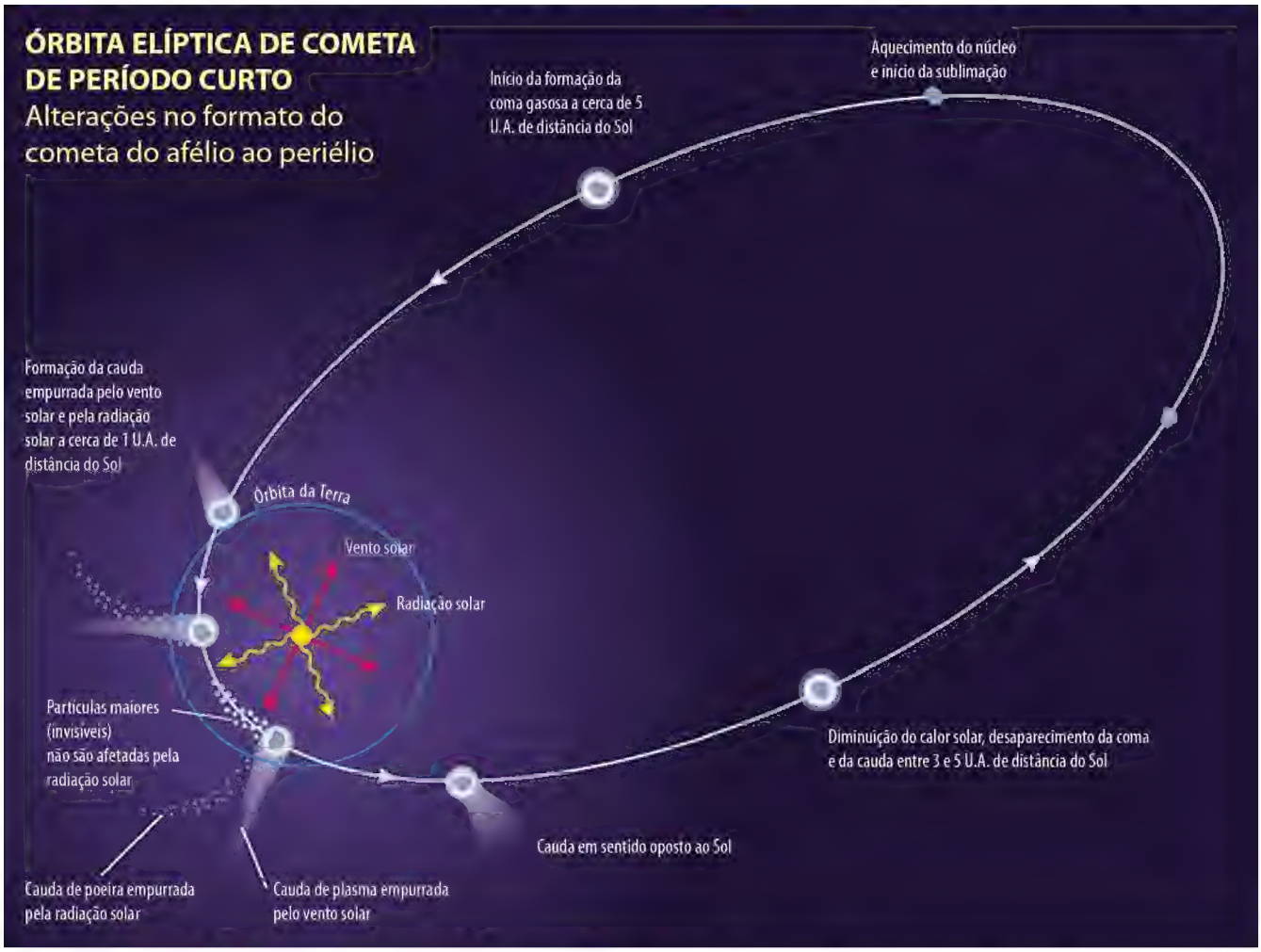
(40) Whipple, F.L. 1981. "The nature of comets" in Ponnamperuma, C. (editor). "Comets and the origin of life". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

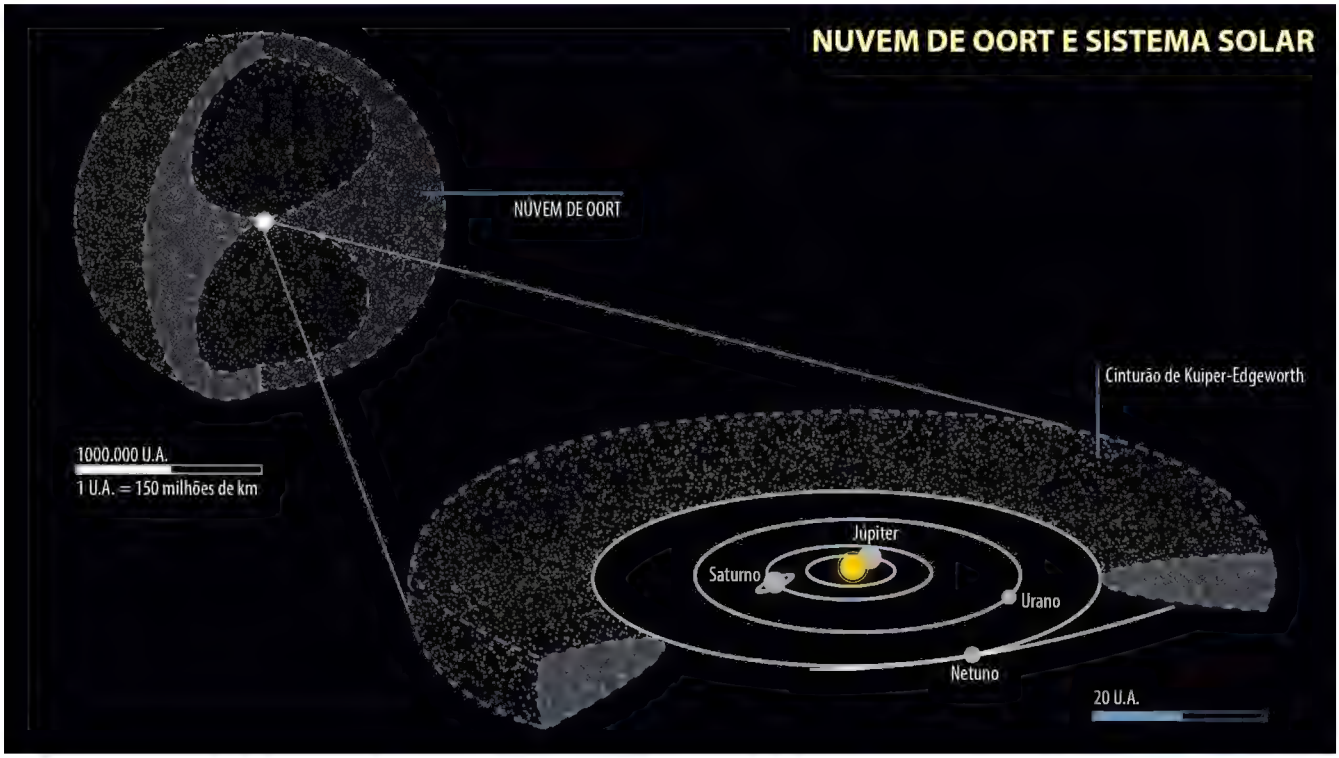
(41) Weismann, P.R. 1982. "Dynamical history of the Oort Cloud" *in* Wilkening, L. (editor). "Comets". University of Arizona Press, Tucson.

(42) Weismann, P.R. 1985. "Dynamical history of the Oort Cloud" *in* Carusi, A. and G. B. Valsecchi (editors). "Dynamics of comets: their origin and evolution". D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

(43) Woolfson, M. M. 1978. "The evolution of the solar system" *in* Dermott, S. F. (editor). "The origin of the solar system". John Wiley and Sons, New York.

(44) Yabushita, S. 1985. "Statistical test of the distribution of perihelion points and its implication for cometary origin" *in* Carusi, A. and G.B. Valescchi (editors). D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.





Notícias

E mais

- A QUEDA DAS ESTRELAS
- JUNTANDO OS PEDAÇOS DA HISTÓRIA DA TERRA PRIMITIVA
- A CONTROVÉRSIA SOBRE A ACELERAÇÃO SECULAR DA LUA
- HÁ MUITO TEMPO, QUANDO A LUA ESTAVA MAIS PERTO
- O MISTÉRIO DOS ANÉIS DE SATURNO
- O ENIGMA QUE É SATURNO
- VOYAGER II EM NETUNO
- OS ENIGMÁTICOS TRITÃO E NEREIDA

A QUEDA DAS ESTRELAS

Em conexão com a história da vida e da morte dos cometas estão os espetáculos dos meteoros, observados com maior intensidade em certas épocas do ano, e também mais intensamente em certos anos.

Em artigo que tratou do relacionamento de alguns povos antigos com os fenômenos observados na esfera celeste, tais como estrelas cadentes, estrelas novas e supernovas, Paul Murdin, astrônomo do "Royal Greenwich Observatory", trouxe algumas interessantes informações sobre como os índios norte-americanos de algumas tribos deixaram um relato histórico sobre a maior chuva de meteoros jamais observada – a que ocorreu no inverno de 1833 no hemisfério norte.

Transcreve-se a seguir parte do referido artigo, que foi publicado na revista "New Scientist" de 20 de agosto de 1981:

Os sábios das tribos mantinham calendários que marcavam a passagem dos anos, inverno a inverno. Cada ano é lembrado por pictogramas indicando algum incidente especial. Uma dessas "contagens de invernos", desenhada sobre pano de algodão branco, encontra-se no Museu Britânico e é atribuída a "Trovão Azul", observador e historiador índio de Dakota. Bustos salpicados de manchas, guerreiros apunhalados e cabeças escalpeladas representam epidemias de varíola, assassinatos e guerras, respectivamente. Epidemias e guerras frequentemente são acontecimentos que podem ser datados. Assim também acontece com uma estrutura de 16 estrelas relacionadas com o inverno de 1833 – 1834 que descrevem uma chuva de meteoros ocorrida no dia 12 de novembro. Na contagem de invernos de "Cachorro Alto", esse personagem índio descreve a chuva de estrelas: "Este ano é chamado de Estrelas-Todas-Movendo. A queda das estrelas causou grande consternação. Temiam que o grande Espírito tivesse perdido seu controle sobre a criação".

Estas "estrelas cadentes" formaram as Leônidas, uma chuva de meteoros que ocorre a cada ano em meados de novembro quando a Terra passa anualmente através de uma estreita faixa de poeira existente no Sistema Solar. Essa poeira é tudo o que resta de um cometa que deve ter-se desfeito há muito tempo. Onde o cometa deveria estar, se

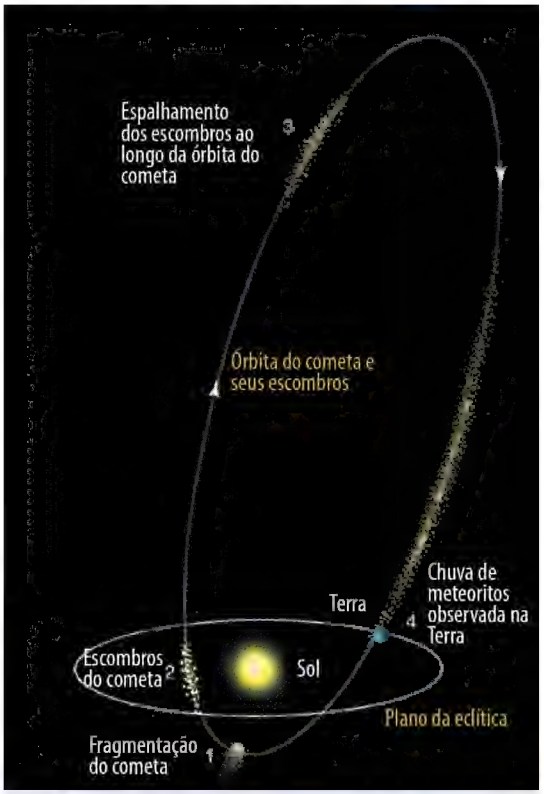
ainda existisse, está em órbita hoje uma concentração de poeira através da qual a Terra passa de 33 em 33 anos. Assim, a cada 33 anos quando as órbitas daquela concentração de poeira e da Terra coincidem, as Leônidas constituem realmente um belíssimo espetáculo, como foi em 1966, com um máximo de mais de 40 meteoros por segundo. O ano de 1833 também ficou marcado: a chuva de meteoros daquele ano foi anotada na contagem de inverno de "Trovão Azul" e de outros índios. Esse acontecimento de fato foi descrito com tanta segurança que se pode usá-lo como referência para a datação de outras contagens de inverno".

A Enciclopédia Britânica, no verbete "Meteor" apresenta um subtítulo dedicado a chuvas de meteoros, onde ressalta o seguinte:

Uma chuva de meteoros usualmente recebe a denominação da constelação na qual sua radiante se localiza". (Radiante é o ponto do qual parecem provir os meteoros, num efeito de perspectiva). "Assim, os meteoros de novembro são conhecidos como a chuva das Leônidas. Outros exemplos são a chuva das Perséidas em meados de agosto, radiando de Perseu, e a chuva das Gemínidas, em meados de dezembro, com a radiante em Gêmeos". "... Os meteoros como a chuva das Leônidas tornam-se notáveis quando atingem seu máximo, mas em alguns anos veem-se poucos ou mesmo nenhum deles." "... Em 1866 foi descoberto o cometa Tempel-Tuttle, e os cálculos revelaram o notável fato de que os meteoroides que formam as Leônidas estavam na mesma órbita que esse cometa". "... Há boas razões para se crer que os meteoroides das chuvas são fragmentos de cometas que se estão desintegrando rapidamente, espalhando sua substância ao longo de suas órbitas. Quando a Terra cruza uma dessas órbitas, entra em colisão com grandes quantidades desses fragmentos de cometas".

Nas figuras seguintes apresentam-se as órbitas de quatro "chuvas de meteoros" em sua relação com as órbitas dos planetas do Sistema Solar. (Encyclopedia Britannica. Macropaedia, vol 12, p. 38, Verbete Meteor). Na realidade os planos dessas órbitas são distintos, não estão no mesmo plano que a órbita da Terra, o que explica o fato de que nem sempre a cada 33 anos se possa presenciar o espetáculo das Leônidas de forma tão deslumbrante quanto em 1833.

Chuva de Meteoros das Leônidas observada em 18/19 de novembro de 2001



Esquema ilustrativo do cruzamento da órbita da Terra com a órbita de escombros de cometas que foram fragmentados

JUNTANDO OS PEDAÇOS DA HISTÓRIA DA TERRA PRIMITIVA

William K. Hartmann é um astrônomo bastante conhecido pelo seu trabalho na área da evolução planetária. Além de livros sobre a história da Terra e aspectos interessantes relacionados com as estrelas e as galáxias, tem escrito vários artigos de divulgação, entre os quais o que foi publicado na revista "Astronomy" de junho de 1989 com o título acima.

Nesse artigo ele fez um histórico das teorias e modelos da formação da Terra primitiva, no qual destaca o que considerou como "uma das mais revolucionárias ideias, que mudou nossa concepção da Terra e seu satélite". *Trata-se de proposição anteriormente feita pelo astrônomo russo Viktor Safronov, na década de 1960, declarando que sempre que* "Um corpo primário com dimensões de planeta cresce a uma certa distância do Sol" *(fazia ele menção à teoria da formação do Sistema Solar a partir da acreção dos planetesimais),* "alguns corpos secundários de menores dimensões também crescerão nas proximidades". *A teoria dos planetesimais afirma que o resultado final dos impactos que eles produziriam sobre o recém-formado planeta seriam regularidades como por exemplo órbitas circulares, eixos de rotação perpendiculares ao plano das órbitas e rotação prógrada, isto é, no mesmo sentido de todos os objetos do sistema. Safronov observou, então, que quando um corpo secundário de tamanho moderado incide sobre o corpo primário, o impacto é de tal ordem que ocasiona uma irregularidade aleatória, como por exemplo a inclinação do eixo de rotação do planeta. O próprio Safronov sugeriu que, por exemplo, a inclinação de 98° do eixo de Urano, e sua rotação retrógrada, teriam sido provocados ao ser o planeta atingido por um planetesimal secundário de avantajadas dimensões, já na fase final de sua formação como planeta.*

O artigo passa então a relatar o desenvolvimento dessa ideia pelo próprio William K. Hartmann, juntamente com George Wetherill, Al Cameron, William Ward e Donald R. Davis, que consideraram o que aconteceria num semelhante impacto (sobre a Terra). De acordo com eles, o impacto ocasionaria a expulsão explosiva de matéria do manto terrestre, com a formação de uma nuvem incandescente afastando-se da Terra. Uma parte do material dessa nuvem entraria em órbita em torno da Terra e formaria a Lua.

Esta teoria do "impacto gigante" emergiu em 1984 como a principal explicação da formação da Lua, levando em conta os aspectos dinâmicos e químicos que nem sempre ficavam bem esclarecidos nas teorias anteriores.

É interessante, do ponto de vista criacionista, que os modelos uniformistas aos poucos vão cedendo lugar a modelos catastrofistas como este do impacto gigante, para não mencionar outros mais antigos e mais famosos, como o da grande explosão inicial, ou o "Big Bang". De acordo com William Hartmann, a formação da Lua foi o "mais violento evento" ocorrido em nosso planeta desde sua formação.

Em reuniões recentes de geofísicos e astrônomos especializados em dinâmica planetária, o modelo do impacto gigante provocou gigantesco impacto que pôde ser medido pelas discussões que atingiram as raias da ira! Até o presente, a Geofísica e a Dinâmica planetária têm sido duas disciplinas mutuamente desconhecidas entre si, que só interagem em discussões como as referidas. A situação chegou a tal ponto que um pesquisador com boa dose de humor afirmou que "a Física somente mostra o que deveria ter acontecido, enquanto que a Química mostra o que realmente aconteceu!". *Não obstante, em sessões de congressos recentes sobre Geoquímica também houve discussões entre participantes provenientes de diferentes laboratórios que apresentaram medidas ou interpretações conflitantes a respeito dos mesmos aspectos químicos envolvidos na suposta evolução da Terra e da Lua.*

Hartmann resume o "conhecimento" do que aconteceu após a formação da Terra até o impacto gigante:

"O impacto gigante que deu origem à Lua deve ter acontecido

quando os planetesimais remanescentes estavam sendo varridos – dentro, talvez, do intervalo de tempo de 20 milhões de anos decorridos desde que a Terra tinha atingido a maior parte de sua massa atual – provavelmente entre 4,40 e 4,45 bilhões de anos atrás. Os detritos quentes provenientes do manto, que foram lançados em órbita, acumularam-se formando a Lua, num cósmico piscar-de-olhos. A agregação de um satélite nas proximidades de um planeta acontece milhões de vezes mais rapidamente que a acreção de um planeta em órbita em torno do Sol.... A Lua, portanto, formou-se em umas poucas dezenas de milhares de anos. Novas evidências nesse sentido provêm da datação, efetuada em 1988, de uma das mais antigas amostras da crosta lunar, pelos geoquímicos Richard Carlson, e Gunter Lungmair. ...A Terra primitiva e a Lua ficaram submetidas a uma intensa chuva de meteoritos, com intensidade decrescente.

...Se se quer "aprontar" um planeta Terra dentro de 30 milhões de anos, serão necessários impactos ocorrendo com frequência de 1 bilhão de vezes maior do que a observada hoje. Durante as primeiras centenas de milhões de anos, impactos suficientemente grandes para escurecer os céus em toda a Terra com um manto de poeira, aconteceram todos os meses."

Após algumas considerações adicionais sobre certas outras particularidades do modelo do impacto gigante, conclui ele que

"nosso quadro dos primeiros dias da Terra tornou-se bem mais claro do que era há 10 anos atrás. Entretanto, muitos problema minhas importantes permanecem, e o assunto está longe de se encerrar".

O artigo encerra-se com uma observação que na realidade deveria abalar as convicções evolucionistas dos que o leram, pois praticamente reconhece que uma verdadeira revolução está-se verificando com a aceitação de eventos catastróficos para a explicação da evolução da Terra e da Lua:

"Um proeminente geólogo dedicado a estudos planetários,

Cenário do impacto gigante para a formação da Lua

observou ter presenciado em sua vida duas grandes revoluções geológicas – a que reconheceu a deriva dos continentes e a tectônica de placas, na década de 1960, quando ainda estudante, e a revolução que reconheceu possíveis impactos catastróficos desempenhando importante papel na história da Terra, uma revolução que está em andamento hoje".

A CONTROVÉRSIA SOBRE A ACELERAÇÃO SECULAR DA LUA

"Para muitos cientistas que viveram nos dois séculos passados não houve maior conquista científica do que a teoria da gravitação. Embora suas leis básicas pudessem ser facilmente aprendidas, as complicações de sua aplicação para explicar, por exemplo, as simples ações mútuas entre três corpos são extraordinárias. Esta dicotomia torna-se evidente na teoria lunar, mais facilmente do que em qualquer outro caso, pelos consideráveis esforços nela despendidos por numerosos investigadores. A observação tem mostrado um impressionante conjunto de perturbações no movimento da Lua, desde a chamada equação anual até à variação secular mais complexa do movimento médio da Lua. De fato, essa controvérsia internacional, iniciada em torno

de 1860, foi uma das maiores e mais turbulentas do século".

Com esta introdução, David Kushner, da Universidade de Princeton, inicia seu interessante artigo sobre uma das mais impressionantes facetas da história da Ciência – a que envolve posições idiossincráticas de notáveis cientistas, cada um procurando defender "sua" verdade, e muitas vezes envolvendo até o orgulho nacional ferido, em detrimento da "verdade verdadeira"!

O referido artigo foi publicado na revista "Archive for History of Science", volume 39, nº 4, e dele serão transcritos alguns trechos a seguir, escolhidos de forma a ilustrar este primeiro capítulo do que se poderia chamar de verdadeira "guerra das estrelas".

"A controvérsia em torno da aparente aceleração secular do movimento médio da Lua constitui um excelente caso no qual podem ser estudados os objetivos da Ciência e como são eles percebidos por cientistas em seu trabalho, bem como aquilo que as pessoas pensam a respeito do debate científico, que sem dúvida constitui um dos processos para a criação da verdadeira Ciência. Muito frequentemente é bastante fácil para o historiador, até mesmo acidentalmente, torcer os fatos e os acontecimentos para adaptá-los a uma interpretação particular do desenvolvimento científico, ou, no outro extremo, permitir ao cientista liberdade na expressão de sua própria história, como acontece frequentemente na autobiografia científica, ou na biografia escrita por colega que já tenha sofrido o efeito deletério da memória e do seu próprio ego...

...A controvérsia da aceleração secular traz à tona um objetivo doutrinário que permeia a Ciência: a Ciência é empírica, logo a teoria deve seguir-se aos 'fatos' observacionais, conformar-se a eles, explicá-los."

Isto posto, David Kushner passa a focalizar a controvérsia que envolveu Adams e Laplace. Laplace havia sugerido um mecanismo para a explicação da aceleração secular da Lua, que havia sido objeto de análise aprofundada por vários outros cientistas franceses, e julgado válido em sua totalidade, quando em 1853 Adams descobriu um erro nos procedimentos matemáticos de Plana, um dos que haviam ajudado a consolidar o mecanismo sugerido por Laplace.

Adams era o famoso rival britânico de Leverrier, ambos envolvidos na célebre disputa sobre a prioridade da descoberta do Planeta Netuno.

Continua Kushner:

"Vem Adams então, e diz que a teoria de Laplace, mesmo que pareça explicar a observação, está errada, pois não leva em conta coisas que não podem ser desprezadas. A controvérsia então se desloca para um nível mais profundo, envolvendo cientistas que admitem que a observação não pode determinar a consistência teórica interna. Essa disputa se encerra com a aceitação da consistência teórica e com a descoberta de uma nova explicação física – a desaceleração provocada pelas marés – que se engrena naturalmente com a teoria anterior corrigida, de tal forma que novamente a teoria passa a explicar a aceleração aparente determinada experimentalmente.

Um dos mais curiosos problemas em torno dessa controvérsia é ter ela ocorrido somente no plano teórico da questão; ninguém discutiu a precisão dos resultados observacionais. Basicamente foi uma controvérsia matemática, e como se pode discordar em uma questão de matemática pura? Bem, na realidade isso acontece, e de fato não são incomuns debates matemáticos. Entretanto, à parte as disputas sobre a validade das demonstrações, tais debates se dão em um nível de concepção mais elementar, e usualmente são resolvidos rapidamente. Este em questão, porém, tinha a ver com a 'mecânica' da matemática e atingiu um nível não trivial. ... Muitos dos participantes desejavam uma solução rápida para o problema, preocupados com que as aparências pudessem ser deletérias para a Ciência. Main destacou que este era um problema que somente os melhores analistas poderiam resolver. Delauney explicou que a mecânica celeste é muitíssimo mais complicada do que a álgebra elementar, e que, como o problema não pode ser tratado em sua totalidade, deveria ser dividido em sub-problemas menores, tratáveis matematicamente. Tornou-se compreendido, então, que poderia ser levantada a questão sobre como um aspecto particular do problema influenciaria a sua solução geral. De la Rue cita a opinião de Delaunay e menciona Laplace quanto ao fato de que mesmo matemáticos do mais

alto calibre podem ser levados a desprezar termos que poderão produzir sensíveis influências finalmente. Nenhum astrônomo deveria, portanto, inibir-se de investigar um problema só porque 'um grande cientista' já o tenha feito."

Após a consideração de alguns detalhes históricos da controvérsia que realmente assumiu dimensões enormes, Kushner cita um tipo de comportamento verdadeiramente inusitado de um dos participantes, e continua tentando descobrir explicações para essas posições pessoais.

"Pontécoulant, talvez na mais estranha série de circunstâncias, defende suas conclusões e os resultados obtidos por Plana, com questionável técnica e perícia matemática, para depois repudiar esta sua posição e alegar que o princípio de Adams estava correto, mas que as variáveis independentes escolhidas afetaram o resultado, e então partiu para a obtenção de valores totalmente diferentes de tudo que havia sido obtido anteriormente.

Existe uma explicação simples para tal comportamento? As pessoas não gostam de ter seus trabalhos rejeitados ou contraditos, nem gostam de parecer como incapazes de fazer algo por si mesmas. Mas, acima de tudo, os debates científicos constituem instâncias em que as reputações individuais podem ser questionadas, quando aquilo que os cientistas podem usualmente considerar como sua 'desapaixonada busca da verdade' fica esquecida, enquanto a busca da auto-preservação se torna a preocupação primeira.

...De fato, as qualidades humanas e as características pessoais dos cientistas desempenham um grande papel na explicação do comportamento individual e também do desenvolvimento da Ciência, de maneira mais ampla, como ilustra o estudo desta controvérsia em particular. Fica evidente que a intolerância, a arrogância, a obstinação, e mesmo o talento individual, desempenharam seus papéis nesta disputa. Leverrier certamente foi um astrônomo suficientemente competente para reconhecer o que estava em jogo na questão, e não obstante ele deixou de fazer a distinção necessária, e voluntariamente fechou sua mente: 'E não estando mais disposto a seguir Delaunay na discussão indefinida e sem dúvida obscura que ele anuncia, declaramos antecipadamente que temos como nula e sem valor toda a resposta na qual Delaunay não estabeleça que sua teoria não é contradita pelas observações'. Teria ele escolhido atacar Adams atacando seu defensor?

...Há também manifestações corporativas que necessariamente afetam, em maior escala, o desenvolvimento da controvérsia. Pontécoulant, Plana, Hansen e Leverrier usam a reputação e a autoridade mútua em apoio às suas posições. Todos eles apelam a Laplace e invocam seu nome, pois é a sua teoria que basicamente eles representam, e 'Laplace falou!'. Por outro lado, os ingleses apoiam o seu expoente, Adams. Embora não se tenham evidências diretas, fica-se a pensar que papel desempenhou o nacionalismo, especialmente por ter sido Adams quem se envolveu com Leverrier na disputa sobre a prioridade da descoberta de Netuno, assunto que não agradou os ingleses.

...Finalmente, deve ser dito que todas essas facetas particulares da controvérsia em torno da aceleração secular do movimento médio da Lua tornam-se especialmente esclarecedoras ao se considerar a estrutura da próxima controvérsia. Como vimos, há pelo menos três níveis nos quais ocorreu a disputa, além dos debates gerais entre os diferentes níveis. Foram eles, em primeiro lugar, observação versus teoria; em segundo lugar, diferentes princípios teóricos na mecânica celeste; e em terceiro lugar, questões sobre o formalismo e consistência na análise matemática. Toda observação é influenciada pela teoria até certo ponto, e toda teoria deve no fim conformar-se com 'fatos' observacionais devidamente aceitos. Porém, na observação eivada da teoria, a 'teoria' pode não constituir a teoria que deveria conformar-se com os resultados observados. Da mesma maneira, 'fatos' observacionais podem ter pouco a dizer sobre metodologias teóricas e provavelmente nada sobre consistência interna matemática."

Sem dúvida, a análise deste episódio marcante na história da Ciência, feita por Kushner, é bastante percuciente. E como a natureza humana é sempre a mesma, encontramos aí valiosos subsídios para compreendermos melhor o que ainda hoje se passa em controvérsias como as que envolvem o Criacionismo e o Evolucionismo em todas as áreas do conhe-

cimento humano, incluindo em particular a própria Astronomia.

De maneira geral, continuam a existir posições corporativas em que os componentes do grupo se protegem e autopromovem, permanece a inviolabilidade da autoridade do "magister dixit", e frequentemente se desconsidera a importância de um debate sério e bem fundamentado, sem posições pré-concebidas e irredutíveis para se chegar o mais próximo possível da verdadeira "verdade científica". Ainda mais, continua a ausência de uma percepção mais profunda de que a Ciência realmente é empírica e que a teoria deve conformar-se aos fatos observáveis, e explicá-los, mesmo não podendo deixar totalmente de precedê-los. A interação entre teoria e observação ainda hoje nem sempre é admitida corretamente, especialmente quando as teorias passam a ser consideradas como verdades absolutas, fazendo com que as próprias observações sejam eivadas de "terrorismo". E assim por diante permanece o mesmo quadro geral, chegando-se até à incorporação de ideologias políticas ao campo científico, como se deu no episódio de Lysenko na União Soviética, que reproduziu nos tempos recentes a rivalidade entre dois blocos de nações antagônicos, da mesma forma como talvez inconscientemente tivesse acontecido com Adams e Leverrier.

HÁ MUITO TEMPO, QUANDO A LUA ESTAVA MAIS PERTO...

Breve notícia com o título acima foi publicada na secção intitulada "Monitor" da revista "New Scientific" de 29 de julho de 1982, que passamos a reproduzir para nossos leitores.

Novos cálculos do efeito que a Lua exerce na desaceleração da rotação da Terra mostram que a influência da Lua foi menor do que se supunha previamente, nos primeiros dias do sistema Terra-Lua, quando a Terra girava com maior rotação do que atualmente. Em consequência, a época em que a Terra e a Lua estiveram o mais próximo entre si deve ter ocorrido realmente há muito mais tempo do que a maioria dos geólogos e astrônomos até hoje acreditaram.

A Lua ocasiona marés nos oceanos da Terra, e devido à rotação terrestre, o atrito entre as águas destas ondas e o fundo do oceano gradualmente desacelera o movimento de rotação da Terra. As marés produzidas no interior quase-sólido da Terra ocasionam um efeito semelhante, porém menor. A Terra ao desacelerar-se transfere sua quantidade de movimento angular para a Lua, o que gradativamente aumenta o raio médio da órbita da Lua na razão de alguns centímetros por ano.

Raciocinando em direção ao passado, podemos dizer que a Terra deve ter estado girando mais rapidamente no passado, e que a Lua deveria ter estado muito mais próxima. Os geólogos denominam de "evento Gerstenkorn" o tempo em que a Lua esteve à distância de somente poucos raios terrestres. Para calcular essa data é necessário avaliar com precisão os efeitos das marés.

Cálculos da época deste evento efetuados anteriormente baseavam-se em estimativas da aceleração orbital da Lua nos últimos dois séculos, e da potência dissipada pelas marés oceânicas atuais (proporcional ao quadrado das forças) e indicavam que o evento Gerstenkorn teria ocorrido entre 1 e 2 bilhões de anos atrás. Entretanto não existem evidências geológicas a favor de tal aproximação entre a Terra e a Lua nessa época. D. J. Webb, do Instituto de Estudos Oceanográficos em Wormley, Godalming, introduziu agora um novo método para o cálculo da época da separação entre a Terra e a Lua, usando um modelo numérico das marés em um oceano hemisférico idealizado, juntamente com um modelo astronômico simplificado. Ele relata no "Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society" (vol. 70, 6, 261) que

seus cálculos com base nesses modelos levam o evento Gerstenkorn para 3,9 bilhões de anos atrás.

... Baseando seus cálculos na dissipação de energia somente nos oceanos, e considerando as marés solares, Webb havia chegado à data de 5,3 bilhões de anos atrás, data esta que não poderia estar correta por anteceder a formação do Sistema Solar há 4,6 bilhões de anos. Entretanto, a dissipação de energia no interior da Terra sólida teria sido relativamente mais significativa nos primeiros estágios do sistema Terra-Lua, e quando isso passou a ser considerado, o modelo chegou a uma data Gerstenkorn de 3,9 bilhões de anos atrás.

Se a Terra "capturou" a Lua, então esta data indica que a captura ocorreu muito antes do que se pensava até então, explicando assim a ausência de evidências geológicas a favor de qualquer esfacelamento que tivesse sido causado pela aproximação dos dois corpos. Por outro lado, essa data está suficientemente próxima da formação do sistema Terra-Lua para que outros astrônomos possam tomá-la como evidência de que a Terra e a Lua se formaram simultaneamente.

Dentro do quadro descrito sobre a formação da Lua no artigo "De onde veio a Lua" (Explorando o Sistema Solar - III), tem-se nesta notícia alguns detalhes adicionais sobre o que significaria o efeito das marés. Em síntese, confirmando as palavras do próprio articulista, "a rápida desaceleração da Lua parece assim contradizer as evidências geoquímicas a favor de uma origem mais antiga..."

O MISTÉRIO DOS ANÉIS DE SATURNO

Não resta dúvida de que o mais belo espetáculo encontrado em nosso Sistema Solar é o do gigantesco planeta Saturno, circundado pelos seus anéis, que por si sós já despertam um sentimento de mistério em face da sua singularidade!

"O Estado de São Paulo", em seu suplemento Cultural de 15 de fevereiro de 1981, publicou um artigo do Professor Giorgio E. O. Giacaglia fazendo um apanhado geral sobre o conhecimento atual que se tem desse planeta. Com o título "O mistério dos anéis de Saturno", são descritas as peculiaridades dos anéis em face das últimas informações resultantes da missão espacial da sonda "Voyager-I". Será interessante a leitura deste artigo como introdução bastante didática ao assunto, que será complementado na notícia seguinte também com dados da sonda "Voyager-I". ("O Enigma que é Saturno"). Segue a transcrição do referido artigo.

"A viagem da sonda espacial Voyager-I"

A viagem da sonda espacial "Voyager I", iniciada a 5 de setembro de 1977, cumpriu mais uma etapa de sua missão ao passar nas proximidades de Saturno e de seus satélites. Graças ao êxito dessa missão, sabe-se hoje muito mais sobre Saturno do que se sabia há pouco mais de dois séculos.

Saturno é um dos corpos celestes mais fantásticos que podem ser vistos até mesmo com auxílio de um pequeno telescópio. O espetáculo de seus anéis é incomparável. Outras sondas planetárias já comprovaram a existência de anéis em outros planetas – como Júpiter e Urano. Mas em nenhum deles com a beleza de Saturno.

Os recordes de Saturno são numerosos. É o planeta de menor densidade entre todos do Sistema Solar. Comparado com a água, sua densidade equivale a 0,7. Sua rotação em torno do eixo é incrivelmente rápida: seu dia dura apenas 10 horas e um quarto. Assim, considerando o tamanho de seu raio, superado apenas pelo de Júpiter no Sistema Solar, se uma pessoa estivesse colocada sobre o equador de Saturno não teria praticamente peso algum.

O achatamento polar provocado por essa rotação tão rápida e pelo estado fluido de boa parte do planeta é 100 vezes maior que o da Terra. O raio polar terrestre, que tem 6.300 quilômetros,

ficaria reduzido a 5.700 km, se a Terra tivesse o mesmo achatamento polar de Saturno, que chega a 10%.

Outro recorde de Saturno está no tamanho de um de seus satélites, Titã, o maior do Sistema Solar. Este satélite é também, ao que se sabe, o único que tem atmosfera, uma mistura de Nitrogênio e alguns gases orgânicos, como metano, semelhante às nuvens de poluição fotoquímica que envolvem as grandes cidades da Terra. Mas, como a densidade de Titã também é muito pequena - ainda inferior à da água -, sua massa é menor que a de Ganimedes, satélite de Júpiter, e de Tritão, satélite de Netuno. Mesmo assim, a massa de Titã é o dobro da Lua.

Há 10 anos, só eram conhecidos 9 satélites de Saturno. Antes da sonda "Voyager I", sabia-se da existência de 12 satélites. A sonda espacial confirmou a existência de mais três.

Após a passagem da "Voyager I", a visão de Saturno se alterou bastante para os astrônomos. Hoje conhecemos muitos mais anéis – cerca de mil – do que aqueles poucos conhecidos até novembro de 1980.

A passagem da sonda espacial por Saturno, depois de uma viagem de mais de três anos, seguiu um plano rigorosamente traçado pelos pesquisadores da NASA. O robô espacial – que é capaz de autocontrole e automanutenção – passou por Titã, voou por baixo de Saturno, emergiu do outro lado e, após cruzar as vizinhanças dos satélites Mimas, Dione e Rhea, se encaminhou para o espaço exterior ao Sistema Solar.

Em sua memória eletrônica, projetada para funcionar durante mais de mil anos e alimentada por pequena bateria atômica, a Voyager leva um conjunto de mensagens gravadas sobre a civilização terrestre.

Os anéis de Saturno foram vistos pela primeira vez por Galileu, em 1610. Com sua luneta rudimentar, o astrônomo não pôde, contudo, identificar a forma e a natureza desses anéis. Conta-se que, mais tarde, por estar a Terra passando no plano dos anéis - situação em que eles se tornam quase invisíveis -, Galileu teria exclamado: "É possível que Saturno tenha engolido seus filhos". Somente 40 anos mais tarde é que o astrônomo holandês Huygens forneceria descrição mais precisa dos anéis.

À primeira vista, três anéis concêntricos circundam Saturno. O anel mais brilhante, no meio dos outros dois, é denominado anel B. Interno a este, mas escuro, está o anel C. Entre os anéis A e B, o telescópio permite-nos observar o que parece ser uma divisão totalmente vazia de matéria, descoberta pelo astrônomo Cassini.

Os anéis são resíduos de corpos celestes capturados e depois destruídos pela gigantesca força gravitacional do planeta. Eles são compostos de partículas de todos os tamanhos, materiais sólidos, gelo e rochas pulverizadas por colisões cósmicas. Podem também ser testemunhos de um aglomerado que tenha existido desde a formação do Sistema Solar, há quase 5 bilhões de anos.

Um quarto anel, denominado F, havia sido detectado pelo "Pionner 11". É o mais distante do planeta e o de menores dimensões. Nenhum satélite pôde ser observado para dentro da borda exterior do anel A. Tal fato pode parecer estranho, mas, já em 1850, o cientista E. Roche havia mostrado que as forças gravitacionais destruiriam um satélite orbitando muito próximo ao planeta. Em termos simples pela lei de Kepler, que fornece a velocidade orbital em função da distância ao centro do planeta, a parte do satélite mais próxima daquele deveria orbitar mais rapidamente que a mais avançada. Se a força resultante dessa tendência for maior que a força de coesão do satélite, ele será estraçalhado.

Para corpos que fossem feitos de rochas terrestres, tal proximidade seria crítica. Abaixo dessa distância, a força gravitacional diferencial excede a força de adesão, chamada "limite de Roche", que é de 2,44 vezes o raio do planeta.

O satélite Mimas, até pouco o mais próximo de Saturno entre os conhecidos, está um pouco mais afastado do que essa distância crítica. O anel F está praticamente no limite de Roche. Incrivelmente, as câmaras da "Voyager I" fotografaram dois novos satélites que parecem percorrer praticamente a mesma órbita. Eles mais parecem duas metades de um satélite partido, uma circulando no exterior e outra no interior do minúsculo anel F. Somos levados a crer que um corpo celeste, recentemente capturado por Saturno, foi posteriormente destruído pelo processo acima descrito. É bem possível que seja

esta a origem de todas as partículas que compõem os anéis.

Outra descoberta interessante da "Voyager I" foi a comprovação de que o número de anéis individuais pode chegar a mil. Eles formam os anéis múltiplos que eram conhecidos até novembro de 1980. Sua presença parece chegar até ao interior da divisão de Cassini.

Outros anéis, pelo menos dois, foram observados circundando o planeta em órbitas excêntricas. Se esse fenômeno fosse atribuído à ação gravitacional assimétrica provocada pelos satélites de Saturno, deveríamos esperar comportamento semelhante dos outros anéis.

Órbitas excêntricas são, contudo, comuns. No próprio sistema de satélites de Saturno encontramos casos extremos. O satélite Tetis tem órbita praticamente circular, enquanto a órbita de Hiperion tem forte excentricidade. O problema principal está no fato de que, num processo constante de rotação e colisões, as trajetórias tendem a se tornar circulares rapidamente. Uma explicação possível seria a de que se trata de fragmentos de um satélite que tenha sido capturado recentemente, viajando em órbita bastante excêntrica (o que facilitaria bastante o processo de captura) e, após ter sido destroçado pelas forças gravitacionais, ainda não tenha tido tempo suficiente para chegar à órbita circular.

Outros dois fenômenos considerados estranhos foram observados nos anéis. O anel F, espremido entre os dois mil semi-satélites já mencionados, descobertos pela "Voyager I", apresenta-se retorcido e espiralado. Tal situação poderia ser explicada por três causas, pelo menos: presença perturbadora dos satélites (S13 e S14) gêmeos; ou ainda forças eletromagnéticas que estejam atuando. Esta última hipótese talvez seja a menos provável.

Fagulhas eruptivas foram ainda observadas nos anéis, nas regiões que emergem da sombra do planeta e entram na luz solar. Elas podem perfeitamente ser causadas pela transformação em gases e ebulição de partículas que, ao entrar na sombra do planeta, se congelam e, ao sair da sombra para a radiação solar, sofrem a ação repentina da luz. Sua permanência de algumas horas pode ser explicada por esse processo de efervescência dos gelos que se formaram em torno das partículas a entrarem na sombra.

Quanto ao resto, Saturno, é um planeta muito semelhante a Júpiter, o maior dos planetas do Sistema Solar. Sua atmosfera – composta de grandes nuvens de nitrogênio, hidrogênio, amônia, metano e gás carbônico – é atormentada por ventos e tempestades de violência incrível.

Como Júpiter, Saturno também tem manchas vermelhas, resultantes de tempestades magnéticas, temporais formidáveis que mantêm iluminadas imensas regiões durante centenas de anos. A sonda "Voyager I" observou pelo menos duas dessas tempestades.

Entre os planetas, Saturno é o segundo em dimensões e massa. Sua massa é 95 vezes a da Terra (enquanto Júpiter equivale a 318 vezes a Terra). A órbita de Saturno é muito próxima de uma elipse de pequena excentricidade (0,056), mas sofre grande influência periódica de Júpiter. A distância média entre Saturno e o Sol é de 1,428 bilhão de quilômetros (cerca de 10 vezes a distância Terra-Sol) e quase o dobro da distância Júpiter-Sol.

Entre os planetas conhecidos, o mais distante do Sol é Plutão, que fica a uma distância de 5,91 bilhões de quilômetros. Além dessa distância, o Sistema Solar é desconhecido. Uma das missões da "Voyager I" será tentar medir onde termina a influência radiativa e gravitacional do Sol e começa a influência de outras estrelas.

A estrela mais próxima do Sol é a "Próxima Centauri", da constelação do Centauro, que se encontra a 4,25 anos-luz, ou seja, 270 mil vezes mais distante que a Terra do Sol, a mais de 40 trilhões de quilômetros.

Para alcançar Saturno, a "Voyager I" percorreu a distância de quase 5 bilhões de quilômetros. Se estivesse viajando em linha reta, teria de viajar outros 5 bilhões de quilômetros para atingir os limites do Sistema Solar. Mas como deverá percorrer uma trajetória hiperbólica, com velocidade bem inferior àquela com que viajou para Saturno, a sonda alcançará a distância da órbita de Plutão por volta de 1995, quando terá percorrido mais de 12 bilhões de quilômetros.

Essas distâncias e tempos devem ser considerados com alguma atenção. O trabalho de engenharia que tal feito representa é algo admirável. A "Voyager I" atingiu Saturno com um desvio de apenas 15 quilômetros fora

do curso previsto. Isto equivale a acertar uma moeda de 10 cruzeiros dando um tiro de uma distância de 3 milhões de quilômetros. A precisão do tiro só foi possível graças à "inteligência" da sonda, que dispõe de sofisticado sistema de auto-orientação, decisão e controle.

Isso significa que a sonda espacial pode corrigir sua trajetória, acionando pequenos jatos, pode reparar automaticamente defeitos de seus instrumentos e é capaz ainda de decidir entre alternativas para melhor atingir seu objetivo.

Somente com tais características podem ser explicados a extrema precisão, o êxito da missão, a clareza das imagens transmitidas e a grande quantidade de dados físicos medidos por seus instrumentos, gravados e retransmitidos. A sonda "Voyager I" representa, pois, a mais avançada tecnologia já utilizada pelo homem em qualquer circunstância.

Um feito ainda maior poderá ser realizado pela nave gêmea, a "Voyager II", que deverá atingir Saturno, sob outro ângulo, em agosto deste ano (1981). Espera-se que a sonda envie imagens não apenas desse planeta, mas outras ainda mais espetaculares de Urano, em cujas proximidades deverá passar em 1986, e – se tudo correr bem -, em Netuno, em 1989. Outros satélites de Saturno poderão ser fotografados. Entre eles, o misterioso Iapetus, que tem uma face seis vezes mais brilhante que a outra.

Assim, as viagens das sondas "Voyager" terão muito em breve ensinado mais a respeito do Sistema Solar do que todo o conhecimento acumulado em milênios. Tudo isso se torna possível graças ao avanço tecnológico verificado principalmente na eletrônica e nas telecomunicações. Computadores eletrônicos rápidos, capazes de efetuar milhões de operações por segundo, facilitaram de tal forma o cálculo de trajetórias que hoje é possível resolver problemas considerados impossíveis há 20 anos.

A Teoria da Mecânica Celeste pouco tem evoluído e não poderia, de qualquer forma, competir com os computadores. Estamos diante de uma visão científica bem diferente daquela dos tempos de Poincaré e Laplace.

As leis físicas que governam os movimentos dos planetas e satélites são relativamente simples. Mesmo com erros que tais leis ainda contenham, por meio de processos de correção automática das trajetórias calculadas, os alvos finais podem ser atingidos. Isto é verdade, mesmo considerando a existência de grandes erros nas leis físicas conhecidas ou formuladas pelo homem.

A missão da "Voyager" constitui a mais convincente comprovação na história da Teoria da Mecânica Celeste de que suas leis não podem competir com cálculos puramente numéricos. No futuro, a situação tende a ser ainda mais radical, pois os meios eletrônicos de cálculo estão progredindo de forma intensa e acelerada. Assim, é possível que simulações das condições reinantes em Saturno, nos seus anéis ou nos satélites, possam em breve ser reproduzidas em computador, mostrando a maior parte dos fenômenos que a Astronomia gostaria de conhecer.

Em suma, sob todos os aspectos, estamos diante de uma revolução de extrema importância para a Ciência, a tecnologia, a cosmogonia e para a compreensão mais rigorosa da origem e da evolução do mundo físico.

SATÉLITES DE SATURNO

O ENIGMA QUE É SATURNO

Na sua seção de "Notícias sobre Pesquisas", a revista "Science" de 18 de setembro de 1981 publicou uma síntese efetuada por M. Mitchell Waldrop sobre as "chocantes" observações transmitidas pelas cápsulas "Voyager" em sua missão a Saturno. É realmente impressionante a soma de dados obtidos, e mais ainda a correção que foi efetuada da ideia imprecisa que se tinha até então sobre vários aspectos morfológicos do planeta, seus anéis e seus satélites. Não obstante o volume das informações, e em parte em virtude delas mesmas, permanecem enigmas insolúveis, a par de novos problemas suscitados para a interpretação da dinâmica e da química desse planeta e seu sistema realmente tão singulares!

Seguem-se trechos do artigo mencionado, considerados de maior interesse para os leitores da Folha Criacionista.

Para mero divertimento intelectual, nunca houve nada sequer parecido com os encontros da "missão Voyager" com os corpos do Sistema Solar. Vulcões em Io, pequenos anéis diáfanos em torno de Saturno, anéis retorcidos – as observações são impressionantes.

... Considere-se, por exemplo, o problema dos satélites de Saturno. Torrence V. Johnson, do Laboratório de Propulsão a Jato, afirma que "o sistema de Saturno é mais gélido, mais branco, mais brilhante e mais cheio de detritos do que o de Júpiter". Além dos nove satélites principais, lá estão os *icebergs* espaciais aprisionados no ponto troiano à frente de Dione, lá estão também os satélites co-orbitais brincando de pega-pega em sua órbita comum, bem do lado exterior dos anéis, e ainda dois satélites "pastores" irregulares, um bem na borda interior e o outro na borda exterior do anel F, tão fino quanto um risco de pincel. Lá estão também um diminuto satélite 'guardião' bem na borda exterior do brilhante anel A (o anel mais externo visível da Terra), e ainda os bilhões de fragmentos gelados existentes nos próprios anéis. O que teria acontecido?

Eugene Shoemaker, especialista da área de formação de crateras, do Instituto de Tecnologia da Califórnia, elaborou uma teoria atípica, que ele pessoalmente leva bastante a sério, embora a explique com um largo sorriso e cautelosamente afirme que ela é puramente hipotética. Johnson concorda, dizendo "é divertido chutar para todos os lados".

Nos primeiros anos do Sistema Solar, diz Shoemaker, o Sistema Solar exterior continha enxames de núcleos de cometas, barrentas bolas de neve e gelo com vários quilômetros de diâmetro. Uma estimativa conservadora leva seu número a 100 bilhões. De qualquer forma, aproximações com Júpiter, Saturno, Urano e Netuno tendem a ejetá-los do Sistema Solar, e aproximadamente há 3,5 bilhões de anos a maioria deles juntou-se na nuvem de Oort (assim designada em homenagem ao astrônomo holandês Jan Oort, que foi o primeiro a deduzir a sua existência, 30 anos atrás). A nuvem consiste de um enorme halo esférico de bolas de gelo circundando o Sol, à distância de cerca de 0,1 anos-luz. Os habitantes da Terra veem alguns desses objetos na forma de cometa, somente quando alguma estrela em trajetória próxima perturba um deles impulsionando-o de volta para o Sistema Solar interior.

Entretanto, antes dessas enlameadas bolas de neve terem sido ejetadas, os planetas exteriores e seus satélites devem ter sido submetidos a um selvagem apedrejamento. O registro disso encontra-se nas superfícies crivadas de crateras de Tétis, Réa e Dione, e na enorme cratera que quase despedaçou o pequeno Mimas.

Tudo isto é bastante conhecido e plenamente aceito. Contudo, Shoemaker dá um passo além. Especula ele que os satélites ora em órbita em torno de Saturno não são os originais. O sistema original deveria assemelhar-se bastante com o sistema galileano de Júpiter, com grandes corpos do tamanho de Titã (aproximadamente 5000 quilômetros de diâmetro). Qualquer um desses objetos teria sido suficientemente grande para iniciar uma diferenciação interna, destaca ele. O material rochoso afundaria em direção ao centro de um globo maior de gelo, aquecendo o corpo todo com a liberação de energia gravitacional. O bombardeio

dos cometas aqueceria ainda mais o objeto, até que o gelo se tornasse mole, e então "uau!" - um cometa maior, talvez com 200 quilômetros no núcleo, o reduziria a cacos! Somente mais tarde, quando o bombardeio estivesse diminuindo, os fragmentos coalesceriam novamente para formar os satélites menores observados hoje.

Neste quadro, Titã foi o único satélite original a sobreviver, provavelmente por estar bem mais distante. A força gravitacional de Saturno teria focalizado o bombardeio dos cometas em direção à parte interna do sistema. Shoemaker explica: "É uma possibilidade todos esses minúsculos satélites – e mesmo as partículas dos anéis – serem simplesmente fragmentos do sistema original".

Shoemaker observa que os satélites de Júpiter também foram bombardeados por cometas – as marcas encontram-se em Ganimedes e Calixto – porém numa proporção muito menor. Júpiter encontra-se mais próximo do Sol do que Saturno, numa região onde os enxames eram menos densos. Desta forma, os satélites galileanos sobreviveram.

Às vezes, um dado aparentemente trivial pode ter implicações de bastante longo alcance. Von R. Eshleman, da Universidade Stanford, membro da equipe de radiociência da "Voyager", descreve um desses casos – um aprimoramento na medida da densidade do satélite Iapeto.

Os cientistas da "Voyager" calculam a densidade de um satélite mediante o seu tamanho, obtido a partir de fotografias, e de sua massa, determinada a partir de perturbações medidas pela equipe de radiociência na trajetória da cápsula espacial. Em particular, declara Eshleman, durante a aproximação da "Voyager II" a Iapeto, puderam calcular a densidade de 1,1 ± 0,1 gramas por centímetro cúbico para aquele satélite, valor menor do que a estimativa mais grosseira de 1,3 feita em novembro durante o voo da "Voyager I" pelas imediações.

Pensa-se que os sistemas de satélites condensaram-se a partir de um disco de gás e poeira que circundava o planeta central, explica Eshleman, da mesma maneira que os próprios planetas se condensaram a partir de um disco muito maior que circundava o Sol. Presumivelmente, esses discos teriam a mesma composição química que a do Sol: Hidrogênio, Hélio e traços de elementos como Carbono, Nitrogênio, Oxigênio e Silício.

A composição química de um satélite reflete a temperatura do gás e da poeira circundante ao ser ele formado. O recente planeta Júpiter, por exemplo, era bastante quente; qualquer satélite que se formasse em sua proximidade deveria consistir, na maior parte, de rocha silicosa, com densidade de cerca de 3 gramas por centímetro cúbico. E é isto exatamente o que se encontrou para Io e Europa, os satélites galileanos mais próximos de Júpiter. A maior distância, o disco era suficientemente frio para permitir a condensação da água na forma de gelo. Sob essas condições, os elementos presentes na nebulosa solar dever-se-iam ter condensado para formar água e rocha na proporção de 60:40. Um satélite feito de material assim, teria uma densidade média de cerca de 1,3 gramas por centímetro cúbico – exatamente o que se observa para Ganimedes e Calixto, os satélites galileanos exteriores de Júpiter.

Saturno também começou quente, afirma Eshleman, embora não tanto como Júpiter. Assim, todos os seus satélites são gelados, e a maioria tem densidades em torno de 1,3 gramas por centímetro cúbico. Iapeto, entretanto, gira em uma órbita solitária a mais de 3,5 milhões de quilômetros do planeta, quase três vezes mais distante do que Hipérion e Titã, os satélites mais próximos e internos a ele. De acordo com os cálculos teóricos do cientista australiano Andrew J. R. Prentice, declara Eshleman, essas regiões da nebulosa bastante distantes teriam estado suficientemente frias para congelar até mesmo o metano. Neste caso, a matéria prima seria composta de uma mistura de água, rocha e metano, na proporção de 55:35:10, com densidade de cerca de 1,1 gramas por centímetro cúbico – exatamente o que foi determinado para Iapeto.

Assim, supondo que essa argumentação a respeito do significado das densidades dos satélites esteja correta, as medidas efetuadas pela "Voyager II" classificaram Iapeto como o único satélite conhecido que contém uma significativa porção de metano. E pode também não ser coincidência que Iapeto seja o único satélite conhecido que apresenta uma divisão entre hemisfério claro e escuro. Um primeiro exame das fotografias de Iapeto tiradas pela

"Voyager II" parece indicar que o material escuro tenha provindo do seu sub-solo e escoado de forma a preencher o fundo de crateras. Eshleman afirma que, somente nos primeiros 2,5 centímetros de metano encontrado na parte superior, existem 15 bilhões de toneladas de carbono. "E há numerosas maneiras pelas quais o Carbono pode produzir substâncias de coloração escura". Talvez o material escuro seja simplesmente carbono na forma de "negro de fumo". Ou talvez seja algum hidrocarboneto criado pela ação da luz solar sobre o metano. Afirma ele, ainda: "Pode ser que ele seja negro como pixe porque ele é pixe".

A "Voyager II" não obteve vistas muito boas de Titã, o maior satélite de Saturno, de cor alaranjada, e circundado por um *smog* característico. É ele o único satélite do Sistema Solar, conhecido, que tem uma atmosfera. A uma distância de pouco mais de 600.000 quilômetros, o fotopolarímetro verificou que as partículas de *smog* são diminutas, com dimensões de 0,1 micra ou menos ainda (esta foi uma observação de primeira mão, pois o instrumento da "Voyager I" que ia realizar a medida avariou-se por ocasião da aproximação com Júpiter em 1979). E as câmaras mostraram ainda que a misteriosa calota polar do satélite tinha se tornado algo igualmente misterioso, semelhante a uma tiara. Os especialistas da equipe da "Voyager" que estudam Titã, na sua maior parte, ainda estão analisando os problemas levantados pela "Voyager I", que passou somente a 6490 quilômetros do satélite em novembro passado.

Algumas coisas já são agora razoavelmente compreendidas. Por exemplo, a "Voyager I" descobriu uma atmosfera com 85% de Nitrogênio, presumivelmente formado pela fotólise da amônia na atmosfera superior, onde é realmente intensa a ação dos raios ultravioletas, e com 12% de Argônio. O restante, em sua maior parte é metano, que é muito importante, conforme observa Rudolf A. Hanel do *Goddard Space Flight Center*, principal investigador das experiências da "Voyager" com radiação vermelha. Os hidrocarbonetos detectados na atmosfera de Titã – compostos tais como etano, acetileno, etileno e cianeto de Hidrogênio – são o que se poderia esperar encontrar em uma mistura de metano e Nitrogênio que tivesse sido exposta à luz solar. Interações de partículas carregadas devem também desempenhar seu papel, acrescenta Darrel F. Stobel do *Naval Research Laboratory*. Titã passa uma grande parte de seu tempo dentro dos cinturões de radiação de Saturno, onde partículas energizadas podem incidir violentamente em sua atmosfera superior com energia dez vezes maior do que a da radiação ultravioleta.

"O *smog* é a continuação lógica da fotoquímica e da química da magnetosfera", explica James B. Pollack, do *Ames Research Center*. O processo continua ativo até serem obtidos compostos de peso molecular suficientemente alto. Então estes compostos se condensam formando partículas de *smog*. As camadas de *smog* têm 200 quilômetros de espessura em Titã, e leva cerca de um ano para uma partícula deslocar-se para baixo, até atingir a superfície. Aí chegando, ela fica a uma temperatura abaixo daquela de seu congelamento, pois a superfície de Titã é cerca de 95°K no equador e 93°K nos polos. Ao longo de seus 4,6 bilhões de anos, Titã deve ter acumulado camadas de hidrocarbonetos com centenas de metros de espessura (Jonathan Eberhart, repórter da *Science News* apelidou esse material de "Opequito", ou 'OPEC-ito', em alusão à OPEC, organização dos países produtores de petróleo...).

Existem problemas, contudo, dentro desse quadro elegante. Por que o *smog* é alaranjado? Todos os hidrocarbonetos até agora descobertos em Titã são incolores. Experiências de laboratório realizadas por Carl Sagan e B.N. Khrae, da Universidade Cornell, indicam que após meses de radiação dever-se-iam formar compostos avermelhados, bastante complexos. Porém nessas experiências de laboratório, as reações químicas são afetadas, até certo ponto, pelas paredes da câmara de reação, e Sagan admite que não está claro como os resultados poderiam ser extrapolados para a atmosfera livre de Titã.

Outro problema é que a fotoquímica de Titã é uma via de mão única. O metano é destruído e cede o Carbono para o *smog*, que o leva para baixo e o aprisiona nas jazidas de hidrocarboneto. Então, como é que o metano é reconduzido para a atmosfera? Presumivelmente existe algum metano congelado juntamente com o gelo que forma o grosso de Titã, e presumivelmente este

metano lentamente sublima-se para substituir o que está sendo destruído.

Entretanto, essa neve de hidrocarbonetos já não teria há muito tempo recoberto tudo que estivesse congelado na superfície de Titã? Talvez. Mas é importante lembrar que as condições da superfície de Titã aproximam-se do ponto triplo do metano. "Provavelmente há camadas de nuvens de metano na troposfera", afirma Hanel, "e não podemos excluir corpos de metano líquido sobre a superfície". A visão que tudo isso inspira é quase irresistível: oceanos de metano, chuvas de metano, rios de metano escoando ruidosamente através de *canyons* em montanhas de "opequito" – ou talvez até mesmo um oceano cobrindo todo o satélite, no qual a neve eterna de hidrocarboneto desvaneça lenta e silenciosamente, sem deixar rastro.

... Os anéis de Saturno somente podem ser descritos como enlouquecedores. Considere-se o anel F. Durante a aproximação da "Voyager I" a Saturno, ele se tornou visível nas imagens como um fino traço de pincel, imediatamente externo aos anéis largos e brilhantes vistos da Terra. Então a "Voyager I" tirou fotos mais próximas; violando toda a mecânica celeste e o senso comum, o anel F era retorcido, grumoso, e parecia ter três filamentos trançados.

Nos 9 meses que passaram entre a "Voyager I" e a "Voyager II", os cientistas despenderam considerável esforço teórico tentando compreender o anel F. Efeitos eletromagnéticos sobre partículas de poeira muito finas, talvez? Ressonâncias com o formato de ondas provocadas pelos pequenos satélites pastores situados nas regiões imediatamente interna e externa ao anel? Nada foi comprovado, apesar de várias ideias parecerem promissoras.

Então veio a "Voyager II". Nada trançado, nada retorcido, e cinco filamentos! E, parecendo zombar ainda mais das teorias científicas, ali estava o "simplório Encke" [trocadilho em inglês: 'Encke doodle', semelhante a 'yankee Doodle'], um fino e tênue filamento vagando por entre a "divisão de Encke" no anel A, com um conjunto de retorceduras bem desenvolvidas, e nenhum satélite pastor visível.

Independentemente dos caprichos dos filamentos, é amplamente aceito que o anel F como um todo esteja confinado à sua estreita trajetória pelos satélites pastores, que provocam perturbações gravitacionais que tendem a focalizar as partículas dos anéis entre eles. Tinha-se pensado em um mecanismo semelhante para explicar a estrutura em forma de pequenos anéis existentes no interior dos anéis brilhantes, que fez com que nas imagens da "Voyager" esses anéis parecessem como fotografias de um disco fonográfico. As partículas do anel maior, "pequenas luas incrustadas", poderiam pastorear as partículas menores nos pequenos anéis. Contudo, após três dias de exame minucioso das imagens de alta resolução enviadas pela Voyager II, os cientistas tiveram de desistir: não havia nenhuma pequena lua!

Entretanto, houve compensações, na forma de novos mistérios. A equipe responsável pelas imagens da "Voyager", comandada por Bradford A. Smith, da Universidade do Arizona, preparou imagens com cores artificiais realçadas para destacar diferenças sutis entre as várias partes dos anéis. Presumivelmente essas diferenças refletiram variações de composição química, propriedades superficiais ou dimensões das partículas dos anéis. O que eles verificaram foi tão desconcertante quanto encantador. O anel C (o mais interno visível da Terra) na maior parte apareceu como azul e branco. Porém, aninhados entre seus filamentos bastante comprimidos entre si, havia finos filamentos cor de ouro, isolados, distintamente definidos. De alguma maneira, a causa que deu origem aos pequenos anéis deveria ter sido responsável por sua classificação prévia.

Os filamentos dourados do anel C têm a mesma cor que a região interna do anel B, a milhares de quilômetros mais para fora. Talvez haja alguma conexão entre ambos os fatos. O anel B, porém, não é uniforme, como indicado em outra produção da equipe de imagens. "A princípio pensamos que esta era uma daquelas abominações que às vezes acontece nos laboratórios de processamento quando se aperta o botão errado", declara Smith. "Trabalhamos no assunto durante três dias, e então decidimos que o que estávamos vendo era real". A coloração do anel B sofre uma metamorfose desde sua extremidade interna alaranjada-dourada até a extremidade externa com cor de turquesa, apresentando-se como um arco-

-íris. As imagens estão declarando algo importante. Mas o que?

Mais informações sobre as partículas dos anéis – 100 bilhões de *bits* de informação – vêm da *Stanford University* através de G. Len Tyler e sua equipe de radiociência. No último mês de novembro, quando a "Voyager I" foi ocultada por Saturno, ela emitiu seu sinal de rádio brevemente para a Terra através dos anéis. Tyler e sua equipe ainda estão analisando esses dados.

"Nós achamos que a natureza não somente está fazendo os pequenos anéis; ela está distribuindo dimensões de partículas diferentemente no interior dos pequenos anéis", declara ele. "Por exemplo, sempre achamos pequenos anéis onde as partículas finas são mais densas nas extremidades interna e externa, e menos densas no meio. Os anéis como um todo parecem consistir de uma tênue folha de material, no fundo, recoberta de vazios e protuberâncias mais densas. Uma protuberância típica tem uma borda bastante afilada", acrescenta ele. Nos dados não há nenhuma insinuação sobre o surgimento de uma protuberância qualquer.

Comparando a atenuação dos sinais de microondas em dois comprimentos de onda distintos, 3,6 e 13 centímetros, a equipe de radiociência foi também capaz de estimar a distribuição dos tamanhos das partículas dos anéis. "Existem cerca de 120 a 200 partículas por quilômetro quadrado no intervalo de tamanhos de 9 a 11 metros, e virtualmente nenhuma maior", afirma Tyler. Os números – e incertezas – aumentam rapidamente com a diminuição do tamanho. Dentro do intervalo de tamanhos de 3 a 5 metros, por exemplo, existem 1700 a 6000 partículas por quilômetro quadrado. Podem existir milhões menores que esses tamanhos, ou pode não existir nenhuma; os dados obtidos com o rádio são consistentes com ambas as interpretações.

Durante o voo sobre os anéis, no dia 25 de agosto, o fotopolarímetro da "Voyager II" obteve o que provavelmente consistiu o resultado mais espetacular da missão. Pelo monitoramento da luz da estrela Delta do Escorpião, ao ela cintilar através de pequenos anéis, Arthur L. Lane e seus colaboradores mapearam mais de 70.000 quilômetros de material do anel, com resolução equivalente a um quarteirão. No mesmo local em que as imagens fotográficas indicavam milhares de pequenos anéis, as observações fotopolarimétricas mostraram centenas de milhares – anéis dentro de anéis dentro de anéis. De início, com uma rápida olhada, os dados indicam a divisão da brilhante estria central do anel F em não menos do que dez componentes – o mais grosso dos quais foi ele mesmo decomposto em dois densos filamentos, cada um com 200 metros de largo. O anel A dá caminho para a "divisão de Encke" num espaço de menos de um quilômetro. A extremidade exterior do anel A é igualmente afiada, com menos de 150 metros de espessura. Apesar de três anos de frustração, com um instrumento "morto" na "Voyager I" e outro instrumento avariado pela radiação na "Voyager I" continuamente reprogramado a bordo da "Voyager II", Lane ainda é, de fato, um homem feliz.

Os famosos raios negros no anel B permanecem, deixando-nos mais perplexos do que nunca. A "Voyager II" mostrou que suas bordas são afiadas, com uma resolução de 60 quilômetros. A cápsula espacial fez também um filme em câmera lenta (que foi chamado de Saturno 500) acompanhando um grupo de raios em torno do anel (as partículas do anel estão em órbita em torno de Saturno e levam consigo os raios). O filme mostra que à medida que os raios mais antigos desaparecem, novos raios são formados, estendendo-se radialmente ao longo de 20.000 quilômetros da superfície do anel em cerca de 12 minutos.

"Nossa impressão é que esses raios são de alguma forma impressos nos anéis por alguma ação do campo magnético de Saturno", declara Smith. "Porém, o fato de que eles se estabelecem tão rapidamente me surpreende".

Richard Terrile, membro da equipe de imagens do *Jet Propulsion Laboratory*, afirma que os raios provavelmente relacionam-se com as pequenas partículas existentes nos anéis. Talvez o material na forma de poeira sobre a superfície das partículas do anel seja ionizado pela luz solar e então elevado acima do plano do anel pelo campo magnético. "Ele não precisaria ser elevado muito acima, para mudar drasticamente a refletância da superfície", destaca ele. É também tentador associar esses raios com as descargas elétricas detectadas "tanto pela 'Voyager I' quanto

pela 'Voyager II'", diz ele. A periodicidade das descargas concorda com o período orbital do material do anel B, onde os raios são mais fortes. Essa associação, entretanto, não foi ainda comprovada.

Para quem se lembra das imagens psicodélicas de Júpiter que a "Voyager I" enviou, as imagens de Saturno, semelhantes a uma bala de goma homogênea, têm de levar um certo desapontamento. Esse aspecto não tem nada a ver com névoas de grande altitude, como se pensava no passado. A "Voyager II", com sua câmara algo melhor que a de sua predecessora, mostrou bandas escuras sobre Saturno, que permanecem onduladas e claras em toda sua extensão até as bordas do planeta, sem sinal de qualquer neblina. Somente com os filtros azul e ultravioleta as imagens mostraram alguma luz difusa nas proximidades das bordas, e pelo menos um pouco dela é devido ao espalhamento devido ao efeito Rayleigh na própria atmosfera. (O espalhamento da luz solar devido ao efeito Rayleigh pelas moléculas do ar atmosférico é o que torna azul o céu em nosso planeta). Não, o planeta tem uma configuração homogênea e suave!

"Saturno é mais frio do que Júpiter, e diferentes temperaturas implicam diferentes químicas", afirma Andrew Ingersoll, do *California Institute of Technology*. "Deve ser lembrado que a atmosfera consiste de Hidrogênio e Hélio em sua maior parte. Uma ordem de grandeza abaixo deles encontram-se água, amônia e hidróxido de amônia, substâncias que compõem as nuvens. E somente uma ordem de grandeza abaixo são encontradas as substâncias responsáveis pelas colorações, quaisquer que sejam elas". Ingersoll destaca também que as regiões de convecção ativa, nas quais ocorrem os mais espetaculares acontecimentos na atmosfera de Júpiter, por alguma razão são menos abundantes em Saturno.

Não obstante, os especialistas em fenômenos atmosféricos ficaram encantados com os resultados da "Voyager II". As melhores imagens que foram obtidas das configurações das nuvens já estão compensando, permitindo a elaboração de uma visão mais clara da turbulência e da vorticidade da sua atmosfera. Como soe acontecer, essas coisas devem estar relacionadas entre si.

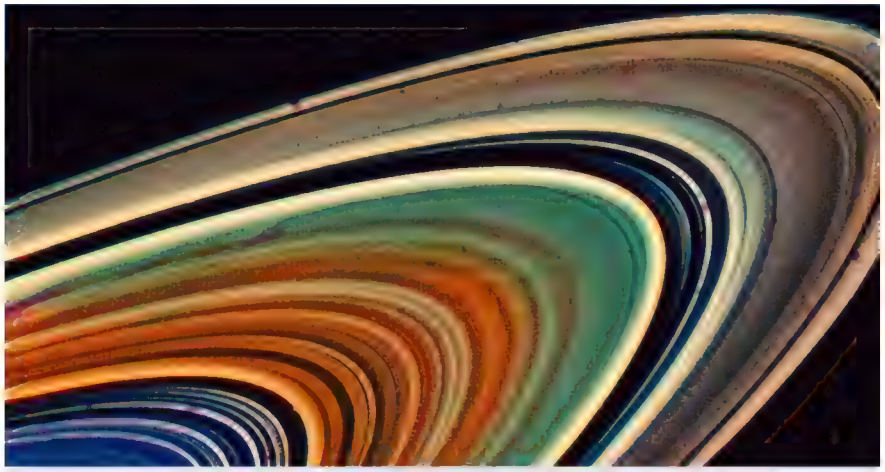
"Não existe superfície sólida em Júpiter nem em Saturno" declara Ingersoll, por isso se uma corrente de jato se iniciar, será mantida por um longo tempo. Existe, porém, também um limite máximo de velocidade que o vento pode apresentar sem que as forças de atrito o decomponham em ondas e vórtices. Em Júpiter, as correntes de jato excedem essa velocidade e o que encontramos ao mapear os escoamentos foi o fato de que os ventos não estavam produzindo os vórtices, mas sim os vórtices estavam produzindo os ventos."

As correntes de jato em Júpiter deslocam-se no sentido leste-oeste e no sentido oposto, à semelhança de esteiras rolantes deslocando-se em direções opostas, e os vórtices giram entre elas. Os vórtices não giram passivamente, como se fossem esferas de rolamento, mas têm um movimento de rotação com velocidade tangencial maior do que a velocidade dos ventos, de maneira que estão ativamente introduzindo neles quantidade de movimento. Os próprios vórtices obtêm sua energia de escoamentos convectivos que afloram e são desdobrados na forma de movimento circular pela rotação de Júpiter (que tem o período de 10 horas) e as correspondentes forças de Coriolis. A convecção, por sua vez, é provocada pelo calor do interior (A 4,6 bilhões de anos após sua formação, Júpiter ainda está se resfriando. Ele irradia duas vezes mais calor de seu interior do que recebe do Sol. Em Saturno, a proporção é ainda maior).

Das imagens aprimoradas obtidas pela "Voyager II", parece que o mesmo mecanismo está em atuação em Saturno. "Vemos enormes quantidades de estrutura nas altas latitudes", afirma Smith. Intensa convecção, estranhos jatos paralelos com seus meandros – pode até ser mais complexo do que Júpiter". Garry E. Hunt, do *University College* de Londres, destacou trilhas de vórtices com o formato de V destacando-se de uma célula convectiva estacionária, semelhantes a vórtices atrás de uma ilha numa correnteza. "Estamos muito mais longe do que estávamos na última vez (Voyager I)", diz ele.

No dia 25 de agosto a "Voyager II" contornou Saturno e dirigiu seu curso em direção a Urano, à distância de quatro anos, e mais de um bilhão e meio de quilôme-

tros. A primeira era da "Voyager" encerrou-se; foi cumprida a missão original de exploração de Júpiter e Saturno. Há dois anos, escrevendo nesta mesma revista sobre a primeira aproximação da "Voyager" ao planeta Júpiter, os membros da equipe de imagens disseram: "Nosso sentimento de inovações não teria sido maior do que se estivéssemos explorando um outro Sistema Solar". Esta afirmação hoje é mais apropriada do que nunca. A "Voyager" nos transmitiu um tipo especial de alegria".



Anéis de Saturno com cores artificiais

Evidentemente o artigo de M. Mitchell Waldrop foi escrito dentro do modelo conceitual evolucionista que aceita a formação do Sistema Solar há muitos bilhões de anos, mediante a teoria dos planetesimais. Os problemas existentes com essa teoria, já examinados sob o aspecto dinâmico e químico em outra parte deste número da Folha Criacionista, permanecem e são ressaltados mais ainda quando se consideram estes dados observacionais colhidos pela missão "Voyager" em sua aproximação com o sistema de Saturno, como o leitor poderá facilmente deduzir por si mesmo.

De fato, a existência dos dois hemisférios de Iapeto, um claro e outro escuro, bem como as particularidades de Titã com sua calota polar, sua coloração alaranjada, e a dificuldade de explicação de um "ciclo de metano" no satélite, trazem outras enormes dificuldades para a explicação da química do sistema. Da mesma forma, o problema da estrutura dos anéis de Saturno com suas peculiaridades que "nos deixam mais perplexos do que nunca", não encontra explicação mediante a Mecânica Celeste clássica, levando à afirmação de que a natureza está fazendo os pequenos anéis e os distribuindo, fugindo de uma interpretação mecanicista e apelando para alguma causa primária para a solução do problema ...

Talvez também o apelo à causa primária pudesse, portanto, responder a contento a pergunta sobre o que de importante as imagens de coloração do anel B, tão belas como o arco-íris, teriam a declarar. Já o salmista, perscrutando a olho nu a magnificência da abóboda celeste pôs em seus versos o seu sentimento da presença de um poder supremo: "Os céus declaram a glória de Deus e o firmamento anuncia as obras das Suas mãos"!. (Salmo 19:1)

Por outro lado, o artigo destaca como os avanços tecnológicos podem contribuir para uma visão mais exata do Universo. Aquilo que oticamente era percebido como milhares de pequenos anéis, passa a ser visto como centenas de milhares, mediante a observação instrumental com o fotopolarímetro. Entretanto, é destacado também o perigo de uma daquelas "abominações de laboratório que ocorrem quando se aperta o botão errado". A tecnologia é insensível, e depende da sensibilidade do ser humano para ser utilizada corretamente. Ainda assim, os dados obtidos com a tecnologia, como por exemplo no caso da atenuação dos sinais de microondas, podem ser consistentes com duas diferentes interpretações, cabendo ser tomada a decisão por uma delas mediante outros fatores intervenientes, não necessariamente de pura natureza observacional!

Finalmente, é bom saber que os melhores cientistas ainda acham muito divertido "chutar para todos os lados". Caso típico foi a teorização elaborada durante os nove meses de interregno entre a "Voyager I" e a "Voyager II" sobre a morfologia do anel F de Saturno, que na realidade não levou a nada!

O nosso ponto de vista é que a Ciência realmente estará cada vez muito mais longe da verdade, do que estava antes que novos horizontes sejam desvendados por missões espaciais como esta da "Voyager", se continuar a insistir na interpretação evolucionista dos fatos observados em nosso Universo.

VOYAGER II – EM NETUNO

O periódico "Ciência das Origens" de janeiro-abril de 1989 publicado pelo "Geoscience Research Institute" divulgou uma pequena notícia sobre novos lançamentos de veículos espaciais de 1989, elaborada por David Rhys, que é transcrita a seguir, mais a título de fornecer uma visão geral do assunto para nossos leitores.

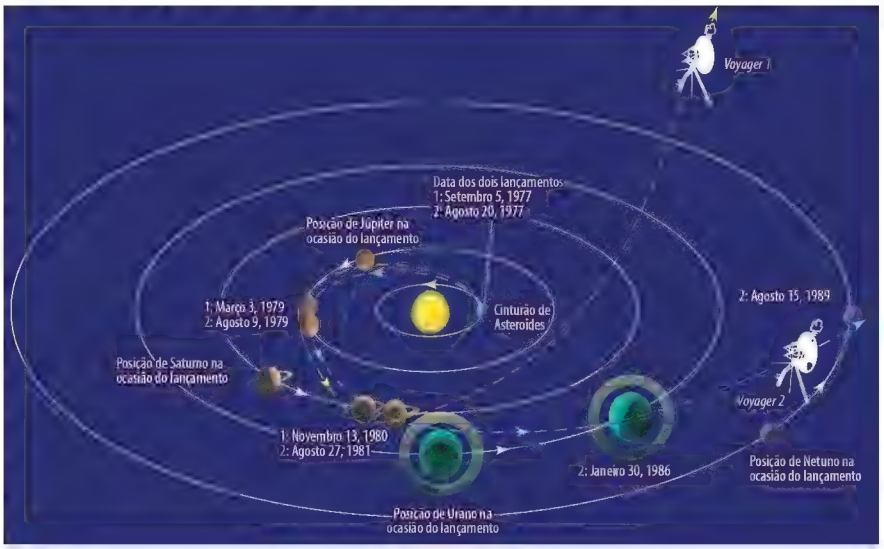
O ano de 1989 parece colocar-se como um ano de renovadas explorações extraterrestres dentro de nosso Sistema Solar. A União Soviética já tem a "Fobos-II" em órbita em torno de Marte. Lamentavelmente uma ordenação errada de somente 4 letras em um conjunto de duas páginas, levou ao malogro a orientação da cápsula para que se pudessem receber as mensagens da "Fobos I", que assim perdeu o contato com a Terra.

Os Estados Unidos, com o reinício de viagens com veículos transportadores, já tem prontos o "Discovery" e o "Atlantis". A primeira nova sonda espacial será "Vênus-Magalhães" a ser enviada ao planeta Vênus, devendo começar a orbitá-lo em 1990 usando um sistema de radar especial para cartografar sua superfície, atravessando as densas nuvens de sua atmosfera. Espera-se ter uma resolução dez vezes maior que a obtida com os "Venera" soviéticos. O "Atlantis" porá em órbita a sonda "Vênus-Magalhães" no dia 28 de abril (de 1989), a qual está avaliada em 530 milhões de dólares, e é a primeira sonda construída para ser lançada a partir de um veículo espacial transportador.

Planeja-se na primeira quinzena de outubro o lançamento da pequena nave "Galileu" que leva consigo uma sonda que deve penetrar na atmosfera de Júpiter. Ela será lançada do veículo transportador em direção ao Sol, chegará a Vênus onde receberá um acréscimo de impulso e se curvará de volta em direção à Terra. Passando nas proximidades da Terra sofrerá o efeito da gravidade que lhe acrescentará mais impulso para continuar rumo a Júpiter, onde deverá chegar em fins de 1995. Aí, depois de lançar uma sonda e girar algumas vezes ao redor do planeta gigante, ela se dirigirá para algumas das luas mais próximas e fotografará especialmente os vulcões e a atmosfera de Io, a lua mais próxima de Júpiter.

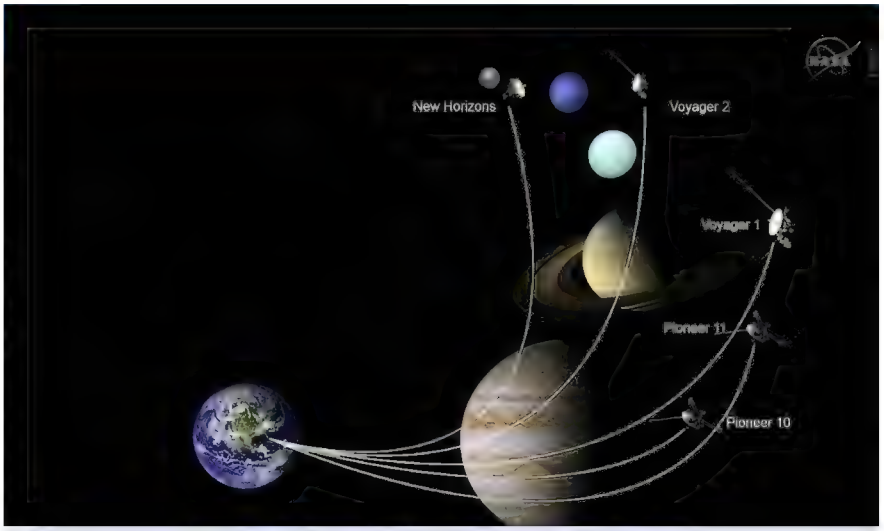
Outro lançamento que está despertando o interesse de todos os astrônomos é o que levará o telescópio espacial Hubble em órbita ao redor da Terra. Este telescópio entrará em órbita acima da atmosfera, para evitar a turbulência que impede maior clareza nas fotografias astronômicas tiradas do nível do solo. Espera-se poder determinar, com ele, se algumas das estrelas próximas possuem sistemas planetários, e também se espera elucidar os mistérios dos quasars.

Além desses lançamentos, uma grande festa intelectual e de conhecimento será realizada em 24 e 25 de agosto, com a chegada da "Voyager II" a Netuno. Lançada para percorrer os espaços do nosso sistema, a "Voyager II" partiu há 12 anos com a esperança de poder explorar e fotografar Júpiter e Saturno. O comportamento da nave foi tão coroado de êxito que em seguida foi dirigida a Urano, onde chegou em 1986. Depois disso, com o pouco de energia que ainda lhe restava, apontou em direção a Netuno. Depois de concentrar todo o restante de sua energia para fotografar o "grande planeta azul", continuará sua viagem em direção ao espaço infinito, sem retorno possível.



Trajetórias das duas missões *Voyager*

Em fins de janeiro, estando ainda a 300 milhões de quilômetros de Netuno, recebeu ordem de focalizar suas máquinas fotográficas sobre o planeta, tendo então sido obtidas as primeiras fotografias de Netuno tiradas pela "Voyager II". O movimento efetuado pelo planeta no intervalo de duas horas concorda com os dados obtidos pelos astrônomos anteriormente, que calcularam o período de rotação de Netuno entre 17 e 18 horas. As fotografias têm resolução de até 6.000 quilômetros e superam as que se podem obter com os maiores telescópios terrestres. Nas imagens coloridas tomadas simultaneamente com filtros claros, violetas, e alaranjados, aparece uma franja escura circundando o polo sul. O fato de que já se tornaram visíveis trechos da atmosfera de Netuno a uma distância tão grande, sugere aos astrônomos que em agosto deste ano, quando a "Voyager II" fizer sua maior aproximação com Netuno, haverá um acúmulo de detalhes visíveis que sobrepujarão em muito o que foi observado nos últimos três anos sobre a atmosfera de Urano. Sem dúvida, os leitores, como os cientistas, estarão atentos a novas descobertas que nos trarão as tão esperadas fotos de Netuno. Quantas luas haverá? Quantos anéis terá? Existirá um campo magnético e uma magnetosfera? Que outras maravilhas nos aguardam?



Missões da NASA para a exploração do Sistema Solar

"New Horizons" é a missão da NASA para exploração de Plutão e do Cinturão de Kuiper, lançada em 19 de janeiro de 2006

OS ENIGMÁTICOS TRITÃO E NEREIDA

Breve artigo de autoria de Andrew M. Thorpe, cientista de Hawthorne, New Jersey, foi publicado na revista "Sky and Telescope" de maio de 1989, com o título acima. Nele o autor faz um apanhado rápido sobre Netuno e seus dois satélites conhecidos, que provavelmente será de interesse para nossos leitores, pelo que apresentamos abaixo a tradução de alguns trechos do citado artigo.

Aguardando a "Voyager II" no gelado extremo de nosso sistema planetário estão os dois satélites de Netuno – Tritão e Nereida. Os astrônomos não esperam que esses corpos sejam menos estranhos do que os demais visitados pela grande nave espacial na última década. Ambos têm órbitas incomuns e parecem possuir também incomuns composições químicas superficiais. A superfície da pequena Nereida pode apresentar-se com formato e coloração irregulares, enquanto que o gigantesco Tritão pode experimentar "estações" que têm a duração de vários séculos.

Embora essas luas fiquem ao alcance somente dos maiores telescópios do mundo, e apesar das restrições orçamentárias impostas à NASA no decorrer dos vários anos passados, os pesquisadores têm estado a coletar os melhores dados possíveis em antecipação à aproximação que o "Voyager II" efetuará em agosto próximo. Examinando as estranhas características exibidas por esses mundos, esperam aprender já como esses satélites de Netuno se enquadram no restante do Sistema Solar.

Gerard P. Kuiper descobriu Nereida em 1º de maio de 1949,

mas até hoje pouco se entendeu a seu respeito. Ela tem uma órbita bastante excêntrica, levando 359 dias para circundar Netuno a distâncias que variam no intervalo de 1,3 a 9,7 milhões de quilômetros. Como esta lua de décima-nona grandeza aparece somente como uma estrela de pequeno brilho nos maiores telescópios, seu diâmetro somente pode ser estimado grosseiramente, podendo de fato ficar entre 200 e 1500 quilômetros (dependendo do albedo, ou refletividade, tomado para a sua superfície).

Observações recentes feitas por Martha Schaefer e Bradley Schaefer (do *Goddard Space Flight Center* da NASA) revelaram que Nereida muda notavelmente de brilho durante sua rotação (revista *Sky and Telescope*, dezembro de 1988, página 599). A variação de grandeza de uma vez e meia, que eles encontraram, não foi ainda confirmada por outros astrônomos, em parte porque Netuno agora está situado em uma região da Via Láctea densamente povoada. Contudo, se os Schaefer estiverem certos, esta lua pode ter o formato de uma batata alongada, que muda seu tamanho aparente por um fator da ordem de 4 durante sua rotação. Pode também essa lua constituir-se de material extremamente escuro, localizado em parte de sua superfície brilhante, dando-lhe uma aparência impressionante, semelhante à de Iapeto, satélite de Júpiter.

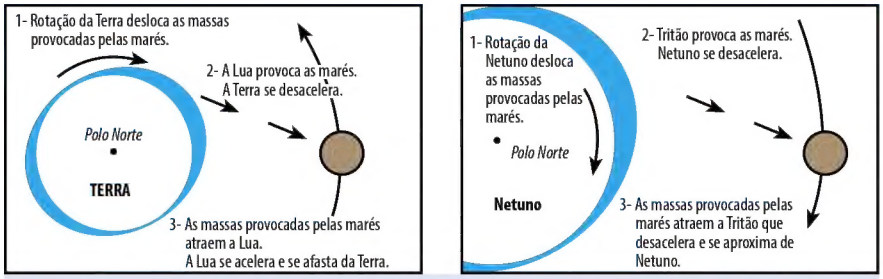
Quando a "Voyager II" passar a 4,7 milhões de quilômetros de Nereida, suas câmaras deverão observar configurações com a resolução de 50 quilômetros. Portanto, mesmo que essa lua não tenha mais do que algumas centenas de quilômetros, os cientistas da missão seriam capazes de determinar quão irregular e brilhante é realmente sua superfície.

Os astrônomos ainda sabem muito pouco sobre as características físicas de Tritão, mas aparenta ser um mundo inteiramente diferente de Nereida. Seu diâmetro ainda é desconfortavelmente incerto, apesar de um século e meio de estudos a seu respeito. Metano (CH_4) altamente refletivo pode cobrir total ou parcialmente a superfície de Tritão, de tal maneira que os astrônomos não puderam ainda decidir se esta lua é muito grande, ou tão somente anormalmente brilhante. As estimativas passadas de seu diâmetro têm variado enormemente, mas medidas recentes estreitaram um pouco esse intervalo de variação. As observações utilizando radiometria infravermelha favorecem valores hoje entre 3.000 e 3.800 quilômetros para seu diâmetro. As estimativas da massa de Tritão são ainda mais imprecisas.

Diâmetros dos Satélites de Netuno, na mesma escala

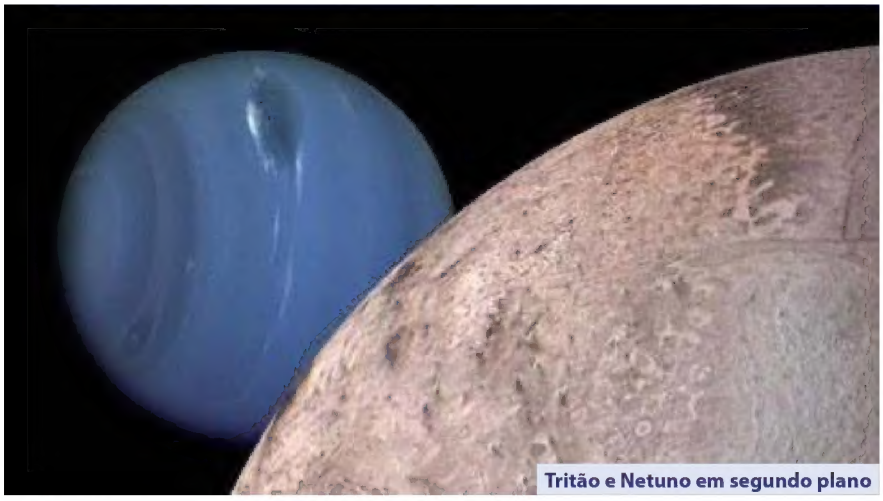
Um fato que realmente conhecemos é que esse enigmático gigante tem uma órbita quase circular, com raio de 355.000 quilômetros, de tal modo que, observado nos nublados céus de Netuno, Tritão parece quase do tamanho aparente de nossa Lua vista da Terra. Entretanto, este satélite viaja em uma direção retrógrada (nascendo no oeste e pondo-se no leste de Netuno) e seu plano orbital inclina-se com relação ao equador do planeta cerca de 21°.

Os astrônomos descobriram que, apesar de sua órbita ser aproximadamente circular, ela é instável. Ao girar em torno de Netuno, Tritão ocasiona um efeito de maré sobre o planeta, semelhante ao que a Lua exerce sobre os oceanos da Terra. Entretanto, como Tritão descreve sua órbita no sentido oposto ao da rotação de Netuno, o efeito final é que essa lua é puxada para trás e para diante sucessivamente a cada revolução (Ver o diagrama na página seguinte).

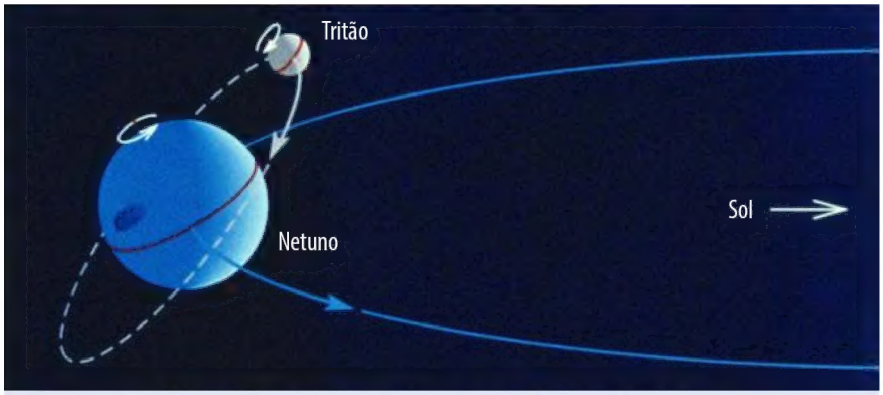


As marés desempenharam um papel na evolução tanto do sistema Terra-Lua quanto do sistema Netuno-Tritão (não desenhados em escala na figura)

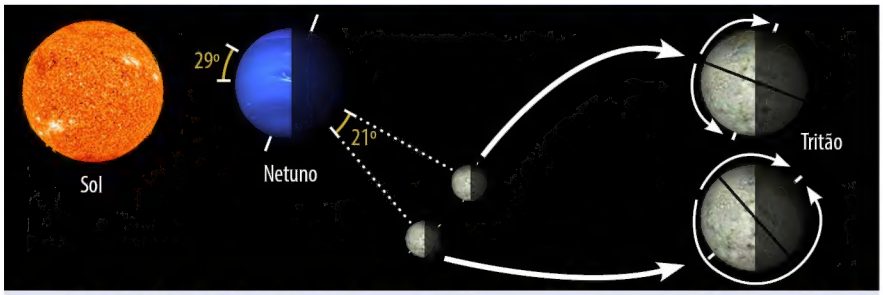
Enquanto a Lua está se afastando gradualmente da Terra, cerca de 3 centímetros por ano, a órbita retrógrada de Tritão está causando sua aproximação de Netuno.



Tritão e Netuno em segundo plano



Órbita de Tritão em sentido oposto ao da órbita de Netuno



Se as ideias teóricas dos cientistas estiverem corretas, este distante satélite sofre uma oscilação sazonal e alterações climáticas impressionantes. Em um extremo (acima) o eixo polar de Tritão é quase perpendicular à direção do Sol, o que ocasiona a migração dos gases atmosféricos afastando-se do equador e dirigindo-se para as duas calotas polares. No outro extremo (abaixo) um dos polos aquece-se constantemente com a luz solar e sua calota desaparece, enquanto o outro polo permanece constantemente na sombra e vai acumulando grandes depósitos de gelo condensado na atmosfera.

Tritão, portanto, está gradualmente se deslocando em direção a Netuno, sob o efeito da sua gravidade. Anteriormente os astrônomos acreditavam que, em cerca de 100 milhões de anos, o satélite atingiria o "limite de Roche" e se desfaria em anéis em torno de Netuno. Recentemente, entretanto, Allan Harris (do *Jet Propulsion Laboratory*) recalculou o grau de dissipação pelo efeito dessas marés, e concluiu que Tritão pode ainda durar mais 10 bilhões de anos (*Sky and Telescope*, fevereiro de 1984, página 108), mais do que o restante intervalo de vida do Sol.

... O eixo de rotação de Netuno é inclinado cerca de 29º em direção ao Sol e, como já mencionado, o plano da órbita de Tritão também é inclinado significativamente. Essas inclinações – combinadas com a lenta precessão dos nodos da órbita de Tritão (os pontos em que esta sua lua cruza o plano equatorial do planeta) e com a inclinação orbital de Netuno de 2º – fazem com que as regiões polares de Tritão apontem para a direção do Sol em certas épocas, durante um complicado ciclo de estações com o período de cerca de 600 anos. Como destaca Harris, resultam "extremas variações na insolação, que podem levar a drásticas variações na densidade e na composição da atmosfera de Tritão".

Os cálculos de Harris incitaram outros trabalhos que foram realizados por Lawrence Trafton (do Observatório McDonald) a respeito da ocorrência possível de grandes alterações climáticas nessa lua. Se o equador de Tritão estiver em seu plano orbital, Traf-

ton acredita que no ano 2.000 o seu polo sul estará o mais inclinado possível na direção do Sol, durante o período que ele denomina de "grande verão". O metano congelado sobre a superfície de Tritão vaporizará, criando uma atmosfera temporária em torno dele, com massa igual a 25 vezes a que normalmente ela apresenta. O gás então migrará através da superfície até o polo que estiver na sombra e aí se congelará sobre a superfície, concebivelmente formando uma calota polar.

Mistérios Fundamentais

Essas observações têm grande importância com respeito a uma questão fundamental sobre o Sistema Solar primitivo. Não se sabe se o Nitrogênio existia em seu estado puro na nebulosa solar original, ou se foi criado pelo fracionamento de amônia primordial pela ação da luz ultravioleta solar. Mais próximas do Sol, as atmosferas primitivas de Marte, Terra, Vênus e Mercúrio, evaporaram pelo espaço a fora, deixando atrás superfícies rochosas, desnudas. Os planetas terrestres então regeneraram suas atmosferas mediante desgaseificação de origem vulcânica, impacto de cometas e reações fotoquímicas.

A atividade solar sofrida pelos planetas interiores, entretanto, pouco influiu no Sistema Solar exterior, e os gigantes de gás retiveram sua atmosfera original sem qualquer alteração drástica em sua composição. Um gás comum nessas atmosferas é a amônia (NH_3) que se desdobra em átomos de Nitrogênio e Hidrogênio quando bombardeada por radiação ultravioleta. Talvez a amônia que esteve presente na criação do Sistema Solar tenha dado origem ao Nitrogênio da atmosfera que hoje respiramos.

Moléculas de gás dissociadas pela radiação ultravioleta podem formar combinações bastante complexas ao se reconstituírem. Titã, satélite de Saturno, é um exemplo desse processo.

Os cientistas que estudam os planetas acreditam que Tritão possa ter um ambiente atmosférico semelhante a Titã (*Sky and Telescope*, 1987, página 462). Como o satélite poderia facilmente estar incrustado na magnetosfera de Netuno, saturada de partículas (presumindo que ele tenha magnetosfera), reações fotoquímicas na atmosfera do satélite poderiam reproduzir compostos orgânicos complexos como os de Titã. O perigo, na realidade, é que uma névoa orgânica pudesse mascarar a superfície, impedindo sua visão pela "Voyager II". Em fotografias recentes tiradas da cápsula espacial, de fato Tritão parece ter uma cor distintamente alaranjada.

Certamente Tritão tornou-se um dos mundos mais interessantes do Sistema Solar. O maior satélite de Netuno de fato poderia parecer um mundo com oceanos, mudanças de estações, calotas polares e uma atmosfera com preponderância de Nitrogênio, semelhantemente à Terra. Cruikshank e Robert H. Brown (do *Jet Propulsion Laboratory*) observaram que, se a Terra fosse deslocada para as vizinhanças de Netuno, nossa atmosfera se condensaria em um oceano de Nitrogênio com 15 metros de profundidade. Se Tritão estivesse mais próximo do Sol, talvez não parecesse tão enigmático.

Mediante a utilização de telescópios, novos e importantes fatos foram verificados para o acompanhamento melhor possível de Tritão e Nereida durante a única aproximação de Netuno por uma cápsula espacial planejada para as próximas décadas. A aproximação da "Voyager II" com Tritão, à distância de uns poucos 40.000 quilômetros, proporcionará grande volume de informação sobre o diâmetro, a densidade e as características da superfície do satélite..."

Sem dúvida, à medida que observações mais precisas vão sendo feitas, vai-se coletando uma significativa massa de dados que aos poucos vai comprometendo os modelos e teorias evolucionistas anteriormente aceitas como inquestionáveis para a explicação da Cosmogonia do Sistema Solar! E o que dizer então da Cosmogonia das galáxias?!

Suposições como a da regeneração das atmosferas ou a formação do Nitrogênio permanecem sem apoio observacional e na dependência de mecanismos ainda a serem explicados.

A tese uniformista vai cedendo lugar a episódios catastrofistas em face de realidades tais como as instabilidades das órbitas, os movimentos retrógrados e as sensíveis diferentes inclinações das órbitas com relação ao plano da eclíptica.

Em síntese, o quadro geral que tenta explicar sob o prisma evolucionista o nosso Sistema Solar permanece ainda tão enigmático quanto os enigmáticos Tritão e Nereida!

INCLINAÇÕES DOS EIXOS DE ROTAÇÃO DOS PLANETAS DO SISTEMA SOLAR

MAIORES LUAS DO SISTEMA SOLAR

CHUVAS DE METEORITOS

Dentre as "chuvas de meteoritos" mais conhecidas, destaca-se a observada irradiando da constelação do Leão, com periodicidade de cerca de 33 anos. A mais intensa, delas ocorreu em 1833 e era esperada outra ocorrência em 1866, que não teve a mesma intensidade.

Após essa ocorrência de menor intensidade, aguardou-se o próximo ciclo, previsto para 1899. Em 1898 foi observada uma atividade mais intensa das "Leônidas", com a ocorrência de 50 a 100 meteoritos por hora, tudo indicando que no ano seguinte ocorreria outra chuva do porte das de 1799 e 1833. A imprensa divulgou com antecedência a esperada ocorrência e multidões aguardaram ansiosamente a chuva anunciada. A decepção, entretanto, foi enorme, pois o máximo que se pôde observar em 1899 foram cerca de 40 meteoritos por hora, o que constituiu, conforme os comentaristas da época, um rude golpe na credibilidade da Astronomia por parte da opinião pública. Em 1900 continuou o desapontamento. Em 1901 foi observada uma chuva semelhante à de 1898, mas praticamente ninguém mais se interessava pelo assunto. Em 1932 novamente foram observadas algumas centenas de meteoritos por hora, e nada mais. Tudo indicava que as "Leônidas" haviam se extinguido.

ISSN 1518-3696

Por ocasião da chuva de meteoritos de 1866 foi descoberto o cometa Tempel-Tuttle, e os cálculos mostraram o fato surpreendente de que os meteoroides que formavam as "Leônidas" seguiam praticamente a mesma órbita que o cometa. Outras associações deste tipo foram sendo descobertas e logo foi reconhecida uma dezena de fluxos de meteoritos associados a cometas com mesma órbita (Ver Quadro).

Quadro - Chuvas de meteoritos periódicas

A denominação das chuvas de meteoritos é feita em função da constelação em que se situa a respectiva "radiante".

Denominação do fluxo de meteoritos	Data média do máximo	Duração normal	Intensidade	Cometa associado
Quadrântidas	3 janeiro	1 dia	média	----
Líridas	22 abril	1 dia	fraca	1861 - I
Eta-Aquáridas	5 maio	2 dias	fraca	Halley
Delta-Aquáridas	29 julho	15 dias	fraca	----
Persêidas	12 agosto	5 dias	forte	1862 - III
Dracônidas	10 outubro	6 horas	irregular	Giacobini-Zinner
Oriônidas	21 outubro	2 dias	média	Halley
Táuridas	5 novembro	30 dias	fraca	Encke
Leônidas	17 novembro	6 horas e 2 dias	irregular	Temple-Tuttle
Gemínidas	14 dezembro	4 dias	forte	----

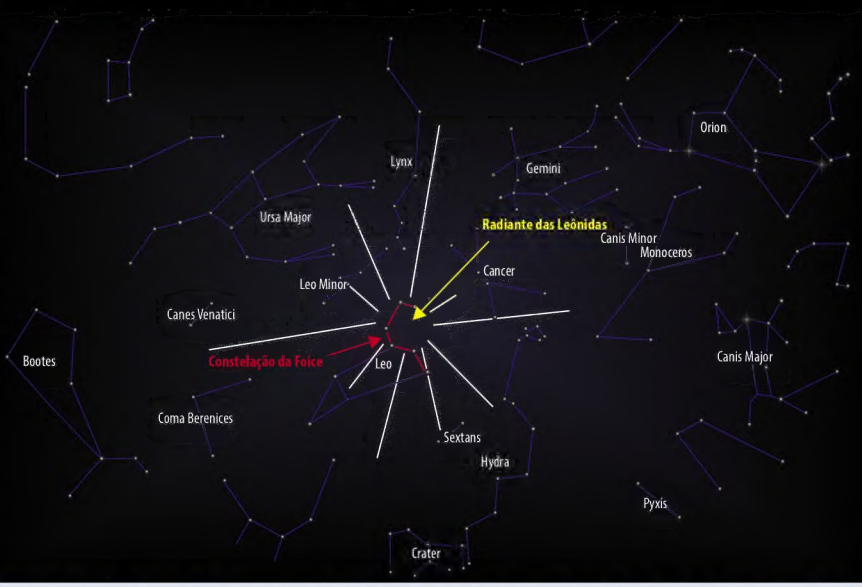
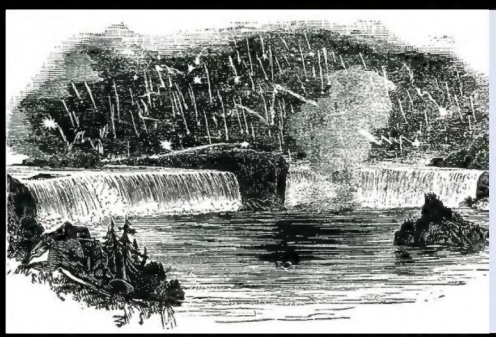


Ilustração do Mapa Celeste com a localização do ponto na Constelação do Leão, a partir do qual provêm as chuvas de meteoros observadas no mês de novembro denominadas "Leônidas"



Desenho da época mostrando a espetacular vista da chuva de meteoritos das Leônidas ocorrida em 1833 sobre as Cataratas do Niágara